

Analyse des Standes und prognostizierte Entwicklung der Emissionen treibhaus- relevanter Gase in Thüringen



Auftraggeber: **Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie**
Prüssingstraße 25
07745 Jena

Auftragnehmer: **Institut für Energetik und Umwelt gGmbH**
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig

Geschäftsbereich Umweltengineering und Verfahrenstechnik
Leiter: Dr. Ing. Carsten Gollnisch
Bearbeiter: Dr. rer. nat. Peter Ihle
 Dipl.-Phys. Barbara Fritsche

Geschäftsbereich Volkswirtschaft und Markt
Leiter: Dipl.-Volkswirt Frank Zander
Bearbeiter: Dr. Ing. Klaus Lindner

Aachener-Verkehrs-Ingenieur-Sozietät
(Untersuchungen zum Bereich Verkehr)
Bearbeiter: Dr. Ing. Christiane Schneider

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einleitung.....	6
2 Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen / Methodik	12
3 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Verarbeitendes Gewerbe	13
4 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Private Haushalte.....	19
4.1 Bestand an energieverbrauchswirksamen Wohnungseinheiten in Thüringen 2000 und 2001	20
4.2 Energieverbrauch für die Raumheizung	23
4.3 Sonstiger Energieverbrauch der privaten Haushalte	27
4.4 Endenergieverbrauch im Sektor private Haushalte insgesamt.....	29
5 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHD)	31
6 Verbrauch an Endenergie in den Jahren 2000 und 2001 (ohne Sektor Verkehr).....	35
7 Wärme- und Stromerzeugung (Energieumwandlung)	38
7.1 Fernwärmeerzeugung.....	38
7.2 Stromerzeugung	39
7.3 Energieverbrauch für die Energieumwandlung (Wärme- und Stromerzeugung)	40
8 Energiebedingte Emissionen des Verarbeitenden Gewerbes	41
9 Energiebedingte Emissionen aus dem Sektor Haushalte	42
10 Energiebedingte Emissionen aus dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	43
11 Energiebedingte Emissionen durch Wärme- und Stromerzeugung	44
12 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor Industrie.....	45
13 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor private Haushalte	48
13.1 Entwicklung der Wohnbevölkerung und des Wohnungsbestandes	49
13.2 Entwicklung des Endenergiebedarfes	51
13.2.1 Endenergiebedarf für die Raumheizung	51
13.2.2 Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung.....	55
13.2.3 Endenergiebedarf für sonstige Energieanwendungsprozesse in den privaten Haushalten	56
13.2.4 Endenergiebedarf insgesamt im Sektor private Haushalte	58
14 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)	60
15 Entwicklung des Endenergiebedarfes im Freistaat Thüringen (ohne Verkehr)	66
16 Wärme- und Stromerzeugung (Energieumwandlung)	67
16.1 Fernwärmeerzeugung.....	67
16.2 Stromerzeugung	68

16.3	Energieträgereinsatz für die gesamte Energieumwandlung im Freistaat Thüringen	70
17	Fortschreibung der Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Verkehr auf das Bezugsjahr 2000	71
17.1	Straßenverkehr	71
17.1.1	Ermittlung der Fahrleistung	71
17.1.2	Beschreibung des Verkehrsablaufs	73
17.1.3	Kraftfahrzeugspezifische Grundlagen	74
17.1.4	Abgasemissionen Straßenverkehr	75
17.1.5	Verdunstungsemissionen Straßenverkehr	78
17.2	Sonstige relevante Verkehrsträger	78
17.2.1	Flugverkehr	79
17.2.2	Schienenverkehr	84
17.3	Gesamtsummen	87
18	Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Verkehr und ihre Entwicklung bis 2005/2010	88
18.1	Straßenverkehr	88
18.1.1	Relevante Netzveränderungen	88
18.1.2	Ermittlung der Fahrleistungen	89
18.1.3	Beschreibung des Verkehrsablaufs	91
18.1.4	Prognose der kraftfahrzeugspezifischen Grundlagen	92
18.1.5	OGD-Verdunstungsemissionen	98
18.2	Sonstige relevante Verkehrsträger	99
18.2.1	Flugverkehr	99
18.2.2	Schienenverkehr	101
18.3	Gesamtsummen	103
19	Treibhausgas-Emissionen durch Land- und Forstwirtschaft und ihre Entwicklung bis 2005 / 2010	105
19.1	Treibhausgas-Emissionen Nutztierhaltung	105
19.2	Treibhausgas-Emissionen aus Nutzflächen der Land- und Forstwirtschaft	110
19.3	Gesamt-Emissionen der Land- und Forstwirtschaft	112
19.4	Senken und Gutschriften der Land- und Forstwirtschaft	112
19.4.1	Senke Wald	112
19.4.2	Gutschrift Rapsanbau	113
19.5	Gesamtbilanz Land- und Forstwirtschaft	114
20	Treibhausgas-Emissionen aus Gewässern	115
21	Treibhausgas-Emissionen bei der Abwasserreinigung	116
22	Treibhausgas-Emissionen aus Abfalldeponien	118
23	Treibhausgas-Emissionen durch Gastransport	119
24	Treibhausgas-Emissionen durch Kühl-, Treib- und Löschmittel	120
25	Treibhausgas-Emissionen durch das Betanken von Fahrzeugen	122
26	Stand und Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen Thüringens	123

26.1	Emissionsentwicklung der einzelnen Treibhausgase	124
26.2	Entwicklung der CO ₂ -Äquivalent-Emissionen	128
26.3	Anteile der Emittentengruppen	131
27	Datenbank MOBET 2000	133
27.1	Grundlagen.....	133
27.2	Aufbau der Datenbank	134
27.3	Datenbank – Installation und Handling	141
28	Literatur	142
29	Tabellenverzeichnis	144
30	Abbildungsverzeichnis.....	148
	Abkürzungen	150
	Chemische Symbole	152
	Maßeinheiten	153
	Anhang: Bilanzen der CO ₂ -Äquivalentemissionen Thüringens für den Zeitraum 2000 bis 2010.....	A-I

Zusammenfassung

In Verantwortung für den Klimaschutz und der Erreichung der im Kyoto-Protokoll von 1997 festgelegten Ziele zur Verminderung der Treibhausgas-Emissionen beschloss die Thüringer Landesregierung am 21. November 2000 die Thüringer Klimaschutzkonzeption „Klimaschutz in Thüringen, Analysen, Handlungsfelder“. In Fortschreibung der emissionsseitigen Grundlagen dieses Klimaschutzkonzeptes wurden jetzt die Treibhausgas-Inventare Thüringens für den Bezugszeitraum 2000/01 aktualisiert und Projektionen für 2005 und 2010 erstellt.

Die Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen des Freistaates Thüringen wurde in Übereinstimmung mit der vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verwendeten Nomenklatur durchgeführt. Entsprechend erfolgten die Ermittlungen für die *energiebedingten Emissionen* mit den Hauptemittentengruppen Haushalte, Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie (produzierendes Gewerbe), Wärme- und Stromerzeugung (Umwandlungsbereich) und Verkehr sowie für *nichtenergiebedingte Emissionen* mit den Gruppen Land- und Forstwirtschaft, Deponien, Abwasserreinigung, Gastransport, Kühl-/Treib-/Löschmittel, Gewässer.

Die Berechnungen der Treibhausgas-Emissionen basieren auf landesspezifischen Kennziffern, die im Rahmen der statistischen Berichterstattung ohnehin erfasst werden oder von den thüringischen Landesbehörden zur Verfügung gestellt wurden. Zur Einschätzung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen wird vom Energieverbrauch ausgegangen; der dominierende Anteil der Treibhausgase stammt aus Verbrennungsprozessen zur Wärme- und Energieerzeugung, wobei eine direkte Abhängigkeit zwischen Energieeinsatz und Emission besteht. Wichtige Grundlagen hierfür sind die Energiebilanzen des Freistaates Thüringen und Analysen der Energiebedarfsstruktur und Energieträgernutzung. Die Ermittlungen im Bereich Verkehr beruhen auf den Fahrleistungen differenziert nach Straßen- und Geschwindigkeitsklassen sowie der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und des daraus resultierenden Kraftstoffverbrauches. Grundlage hierfür ist die Straßenverkehrszählung 2000.

Nichtenergiebedingte Emissionen werden ausgehend von den sie ursächlich beeinflussenden Kenngrößen unter Verwendung spezifischer Emissionsfaktoren bestimmt, wie z.B. Anzahl von Nutztieren, Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzfläche, deponierte Müllmengen,

Abwassermengen, Produktverbräuche etc.

Eine Kompensation von Treibhausgas-Emissionen kann durch CO₂-Senken erfolgen. Hier wird die Senke Wald auf Grund der Kohlenstoffspeicherung durch den Holzzuwachs betrachtet sowie eine „Gutschrift“, die der Landwirtschaft durch den Anbau von Non-Food-Raps zur Biodieselherstellung zukommen muss.

Die CO₂-Äquivalent-Emissionen betrugen ohne Anrechnung des Stromimportes 1992/93 29,5 Mio. t/a, 1995/96 21,7 Mio. t/a und in 2000/01 19,0 Mio. t/a. Die dem Stromimport entsprechenden Emissionen, die jedoch außerhalb des Landes erfolgen, betrugen 2000/01 etwa 5,3 Mio. t/a. Den größten Anteil an der Emissionsminderung haben die Sektoren Haushalte und die Industrie. Im Bereich Verkehr ist eine Zunahme zu verzeichnen.

Die Bilanz der Senken und Gutschriften macht deutlich, dass ein großer Teil der Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft kompensiert wird durch die Senke Wald und durch den Anbau von Non-Food-Raps (Gutschrift durch Substitution fossiler Treibstoffe durch Biodiesel). Die effektive Emission wird jedoch auf Grund einer prognostizierten Zunahme des Holzeinschlages bei Verminderung des Anteiles an Bauholz zunehmen.

Im Zeitraum seit 1992 erfolgte eine Verminderung der CO₂-Äquivalent-Emissionen um 35,2%. Die größten Abnahmen sind bei den energiebedingten Emissionen von Industrie (-71,8%), Haushalte (-51,3%), Kleinverbraucher (-46,4%) und Energieerzeugung (-41,8%) zu verzeichnen. Eine Ausnahme ist der Sektor Verkehr, bei dem trotz Modernisierung der Fahrzeugflotte ein Anstieg um 8,3% festzustellen ist.

Während im Zeitraum 1992/93 bis 2000/01 eine starke Abnahme der Emissionen erfolgt ist, werden die Emissionen bis zum Jahr 2010 ohne zusätzliche Maßnahmen wieder etwas ansteigen, verursacht vor allem durch die Zunahme des Verkehrs und Produktanwendungen.

Der Vergleich mit den Emissionsverminderungen der Bundesrepublik und der Zielsetzung der Bundesregierung (25% im Zeitraum 1990 bis 2005) ergibt, dass der Freistaat Thüringen eine überdurchschnittliche Verminderung der Treibhausgas-Emissionen erreicht hat. Angesichts der prognostizierten leichten Zunahme der Emissionen bis 2010 müssen jedoch die Anstrengungen zur Ausschöpfung weiterer Minderungspotenziale fortgeführt werden.

1 Einleitung

Die Atmosphäre ist in ihrer Ausdehnung und Zusammensetzung ein entscheidender Faktor für den Strahlungshaushalt und damit für das Klima auf unserer Erde. Und so ist es logisch, dass jede Veränderung der Atmosphäre auch eine Beeinflussung des Klimas zur Folge haben muss. Auch wenn ein vollständiger Beweis bzw. die quantitative Abschätzung des Zusammenhanges zwischen der anthropogenen Emission von Treibhausgasen und einer Klimaveränderung wegen der Komplexität der Wirkungsmechanismen noch mit Unsicherheiten behaftet ist, wird der sogenannte Treibhauseffekt nur noch von einer Minderheit in Abrede gestellt; die Fakten sind zu eindeutig. So zeigen auf verschiedenen Emissionsentwicklungs-Szenarien basierende Modellrechnungen sowie die Auswertung langjähriger Messreihen, dass ein weiterer Anstieg des Temperaturmittels zu erwarten ist. Als Folge werden unter anderem die Zunahme von Wetterextrema, Änderungen des Wasserhaushaltes, Ertragsminderungen u.a. prognostiziert /ENQ 90/.

Die Klimaveränderungen sind im Gange, und trotz Maßnahmen zur Verminderung der Treibhausgas-Emissionen müssen sich alle Bereiche auf diesen Wandel einstellen. Die Notwendigkeit des Klimaschutzes ist heute allgemein anerkannt. Es scheint, dass die Verhinderung einer Klimakatastrophe eine der größten Herausforderungen für die Menschheit wird, vor allem angesichts der Tatsache, dass sich einige Länder aus wirtschaftlichen Interessen dieser Herausforderung bisher nicht oder nur ungenügend stellen.

Als primäre Treibhausgase gelten CO_2 , CH_4 , N_2O , H-FKW, FKW und SF_6 , dazu weitere indirekte Treibhausgase (Tabelle 1-1). Zur Beschreibung der Klimawirksamkeit wird das sogenannte Global Warming Potential (GWP) verwendet. Der GWP-Wert von CO_2 , das bei der Berechnung der GWP-Werte für alle übrigen Gase die Referenzsubstanz darstellt, wird gleich Eins gesetzt. Die Emission der Treibhausgase wird somit in CO_2 -Äquivalenten ausgedrückt. Die Klimawirksamkeiten sind sehr verschieden und unterscheiden sich zum Teil in Größenordnungen. Außerdem haben Treibhausgase hoher Klimawirksamkeit auch noch eine lange Verweilzeit in der Atmosphäre, die bis zu 150 Jahren reichen kann.

Tabelle 1-1: Treibhausgase und ihr Global Warming Potential /UMW 97/ (Treibhausgase des Kyotoprotokolls von 1997 rot hervorgehoben)

<i>Treibhausgas</i>	<i>Chemische Formel</i>	<i>GWP-Wert</i>
Kohlendioxid	CO ₂	1
Methan	CH ₄	21
Lachgas	N ₂ O	310
Nichtmethan-KW (NMVOC)	C _m H _n	15
Kohlenmonoxid	CO	4
Stickoxide	NO _x	12
Ammoniak	NH ₃	6
Wasserstoffhaltige FKW		
H-FKW 23	CHF ₃	11.700
H-FKW 32	CH ₂ F ₂	650
H-FKW 125	C ₂ HF ₅	2.800
H-FKW 134a	CH ₂ FCF ₃	1.000
H-FKW 152a	C ₂ H ₄ F ₂	140
Perfluorierte FKW		
Perfluormethan	CF ₄	6.500
Perfluorethan	C ₂ F ₆	9.200
Perfluorbutan	C ₃ F ₈	7.000
Schwefelhexafluorid	SF ₆	23.900
Halone		5.500

Tabelle 1-2: Minderungen bzw. Begrenzungen der Treibhausgas-Emissionen der EU-Länder im Zeitraum 1990 bis 2008/12 entsprechend dem Kyoto-Protokoll von 1997

<i>Land</i>	<i>Emissionsverminderung</i>
Belgien	-7,5 %
Dänemark	-21,0 %
Deutschland	-21,0 %
Finnland	0 %
Frankreich	0 %
Griechenland	25,0 %
Großbritannien	-12,5 %
Irland	13,0 %
Italien	-6,5 %
Luxemburg	-28,0 %
Niederlande	-6,0 %
Österreich	-13,0 %
Portugal	27,0 %
Schweden	4,0 %
Spanien	15,0 %
EU	-8,0 %

Seit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung von 1992 in Rio de Janeiro haben über 170 Staaten die Klima-Konvention unterzeichnet und damit die Basis für einen globalen Klimaschutz geschaffen. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich schon sehr früh verpflichtet ihre CO₂-Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2005 um 25% zu senken. Die entwickelten Länder verpflichteten sich 1997 in Kyoto die Emissionen der 6 wichtigsten Treibhausgase bis 2008/12 gegenüber dem Bezugsjahr 1990 um 5% zu verringern. Die Minderungsquoten für die einzelnen Länder wurden im Rahmen eines Lastenausgleichs festgelegt (Tabelle 1-2).

1997 betrugen die energiebedingten CO₂-Emissionen weltweit etwa 22.500 Mio. t, davon entfielen auf die EU 14,0%, Deutschland 3,8% und Thüringen 0,06% (ohne Stromimport) /DRI 02/. Die Industrieländer sind an den Treibhausgas-Emissionen am stärksten beteiligt, wie die Pro-Kopf-Emissionen von CO₂ zeigen (Bild 1-1). 1999 lag die Bundesrepublik mit einer Emission von 10,8 t CO₂ pro Einwohner und Jahr über dem EU-Durchschnitt (8,8 t CO₂ pro Einwohner und Jahr) und dem weltweiten Mittel (3,9 t CO₂ pro Einwohner und Jahr). Thüringen ist hier auf Grund seiner Bevölkerungs- und Wirtschaftsstruktur mit 5,7 t CO₂ pro Einwohner und Jahr (ohne Stromimport) etwa mit Ungarn vergleichbar. Bei Berücksichtigung des Stromimportes beträgt die CO₂-Emission etwa 6,7 t pro Einwohner und Jahr.

Den dominierenden Anteil an den CO₂-Äquivalenten stellen die energiebedingten CO₂-Emissionen. Die übrigen Treibhausgase sind nur jeweils bis zu einigen Prozent beteiligt. Ihre langen atmosphärische Verweilzeiten sind in den GWP-Werten berücksichtigt.

Für die Ableitung von Maßnahmen ist hinsichtlich der Treibhausgas-Emissionen eine quantitative Ursachenanalyse notwendig. Die Thüringer Landesregierung hat in Verantwortung für den Klimaschutz schon früh Erhebungen über die Treibhausgas-Emissionen initiiert (Bezugsjahre 1992/93) und in Vorbereitung des Thüringer Klimaschutzkonzeptes detaillierte Untersuchungen in Auftrag gegeben (Bezugsjahre 1995/96). Im Rahmen dieser Arbeiten wurde eine Thüringer Treibhausgas-Datenbank erstellt, mit deren Hilfe jetzt eine Aktualisierung der Treibhausgas-Inventare für 2000/01 erfolgt. Zielsetzungen zur Ausschöpfung von Minderungspotenzialen in den verschiedenen Handlungsfeldern wurden im Jahr 2000 in der Thüringer Klimaschutzkonzeption festgelegt /THÜ 00/.

Aktivitäten

- 1994** Studie zur Emissionssituation treibhausrelevanter Gase und Minderungspotenziale im Land Thüringen (Bezugszeitraum 1992/93)
- 1998** Erarbeitung von Grundlagen für ein Klimaschutzkonzept des Freistaates Thüringen (Bezugszeitraum 1995/96)
- 2003** Fortschreibung der emissionsseitigen Grundlagen des Thüringer Klimaschutzkonzeptes (Bezugszeitraum 2000/01)

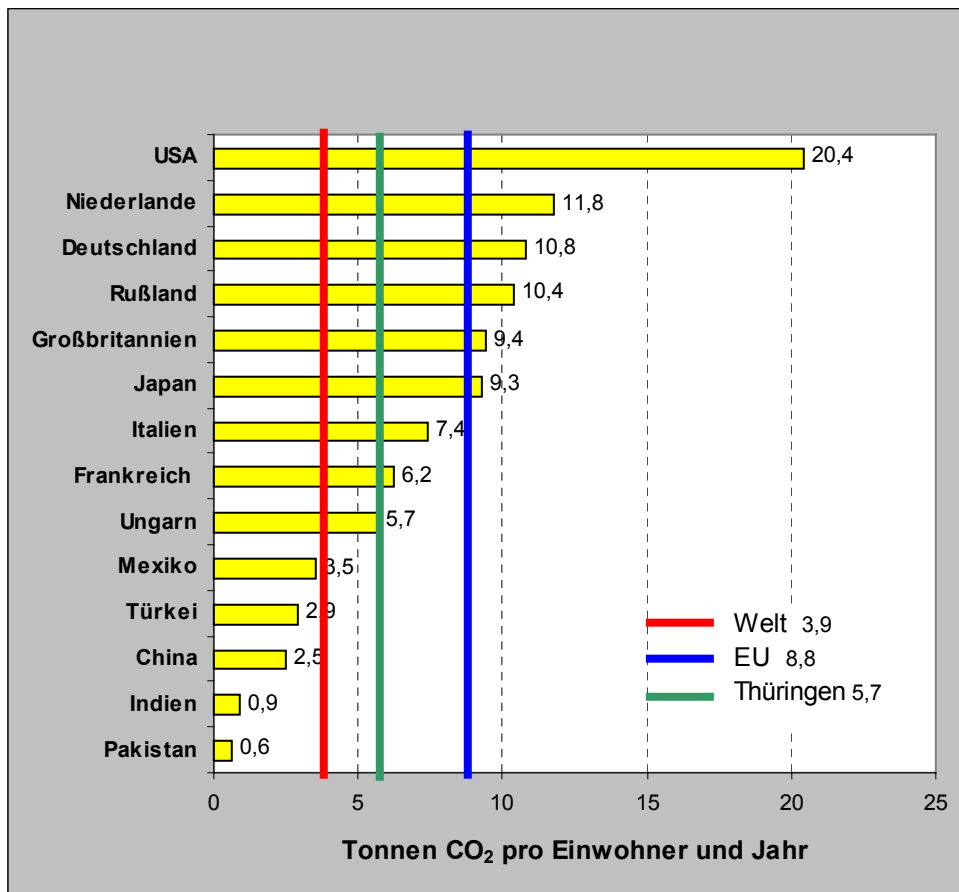


Bild 1-1: Vergleich der energiebedingten CO₂-Emissionen pro Kopf für das Jahr 1999
(Quellen: OECD / IE gGmbH) (Thüringen ohne Stromimport)

Die Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen des Freistaates Thüringen wurde in Übereinstimmung mit der vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verwendeten Nomenklatur durchgeführt. Entsprechend erfolgten die Ermittlungen für die **energiebedingten Emissionen** mit den Hauptemittentengruppen Haushalte, Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie (produzierendes Gewerbe), Wärme- und Stromerzeugung (Umwandlungsbereich) und Verkehr sowie für **nichtenergiebedingte Emissionen** mit den Gruppen Land- und Forstwirtschaft, Deponien, Abwasserreinigung, Gastransport, Kühl-, Treib-, Löschmittel und Gewässer (Bild 1-2).

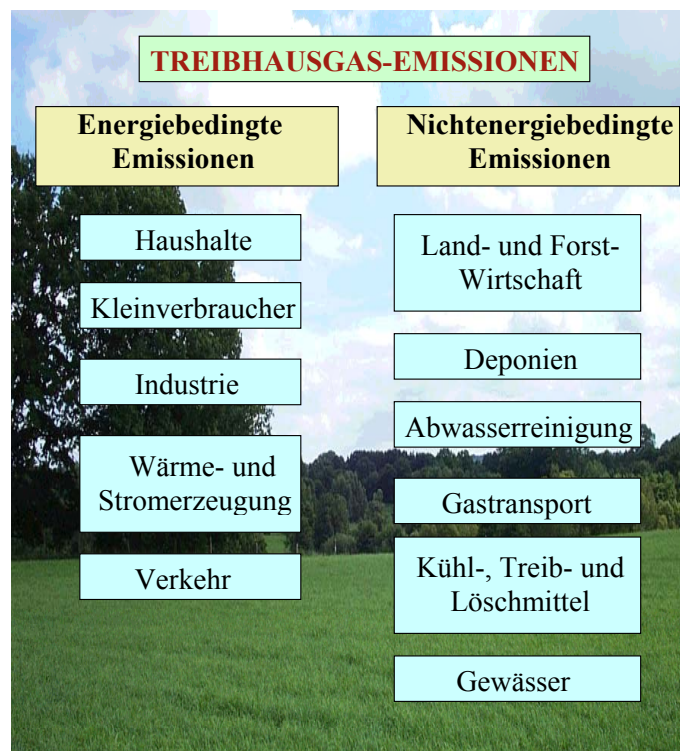


Bild 1-2: Hauptemittentengruppen für Treibhausgase

Die Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen basiert auf landesspezifischen Kennziffern, die im Rahmen der statistischen Berichterstattung ohnehin erfasst werden oder von den thüringischen Landesbehörden zur Verfügung gestellt wurden. Wesentliche Datenquellen für die

Ermittlung der Treibhausgas-Emissionen in Thüringen waren:

- Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt,
- Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Infrastruktur,
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie,
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft,
- Thüringer Landesamt für Statistik,
- Thüringer Landesamt für Straßenwesen,
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH Leipzig,
- AVISO GmbH Aachen,
- Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt 2000,
- Energiebilanz Thüringen,
- INFRAS 1999: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs,
- 2. und 3. Klimabericht der Bundesregierung (Emissionsfaktoren und Prognosen),
- Landesemissionskataster Thüringen „Stationäre Quellen“,
- Emissionskataster Hessen (Emissionsfaktoren).

Zur Einschätzung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen wird vom Energieverbrauch ausgegangen; der dominierende Anteil der Treibhausgase stammt aus Verbrennungsprozessen zur Wärme- und Stromerzeugung, wobei eine direkte Abhängigkeit zwischen Energieeinsatz und Emission besteht. Wichtige Grundlagen hierfür sind die Energiebilanzen des Freistaates Thüringen und Analysen der Energiebedarfsstruktur und Energieträgernutzung. Für den Einsatz verschiedener Brennstoffe und Feuerungsanlagen werden Emissionsfaktoren zugrundegelegt, die vom Umweltbundesamt ermittelt wurden. Die Berechnungen erfolgten quellenorientiert; die auf den Stromimport zurückzuführenden Emissionen werden getrennt ausgewiesen.

Die Ermittlungen im Bereich Verkehr beruhen auf den Fahrleistungen differenziert nach Straßen- und Geschwindigkeitsklassen sowie der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und dem daraus resultierenden Kraftstoffverbrauch (Straßenverkehrszählung 2000). Sie wurden von der AVISO GmbH Aachen vorgenommen.

Nichtenergiebedingte Emissionen werden ausgehend von den sie ursächlich beeinflussenden Kenngrößen unter Verwendung spezifischer Emissionsfaktoren bestimmt, wie z.B. Anzahl von Nutztieren, Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Nutzfläche, deponierte Müllmengen, Abwassermengen, Produktverbräuche etc.

Eine Kompensation von Treibhausgas-Emissionen kann durch CO₂-Senken erfolgen. Hier wird die Senke Wald auf Grund der Kohlenstoffspeicherung durch den Holzzuwachs betrachtet (Senkenwirksamer Holzzuwachs = Holzzuwachs – Holzeinschlag + Bauholz) sowie die Gutschrift, die der Landwirtschaft durch den Anbau von Non-Food-Raps zur Biodieselherstellung zukommen muss.

Im Hinblick auf die Klimaschutzziele werden Prognoseaussagen (Projektionen) für die Jahre 2005 und 2010 auf der Basis der aus heutiger Sicht wahrscheinlichen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft getroffen. Prognosedaten für die Eingangsgrößen der Treibhausgas-Datenbank wurden von den Fachbereichen der Thüringer Landesbehörden zur Verfügung gestellt und mit diesen abgestimmt. Unsicherheiten für die Prognose bestehen vor allem bei Eingangsgrößen, die von der zukünftigen Marktentwicklung abhängen (z.B. Landwirtschaft). Die Projektionen der energiebedingten Emissionen basieren vor allem auf der voraussichtlichen Entwicklung des Endenergiebedarfes von Haushalten, Kleinverbrauchern und Industrie, die aus der prognostizierten Entwicklung der Einwohnerzahl (Wohnungsbestand), der Bruttowertschöpfung (Industrie) und der Energieeffizienz abgeleitet wird.

2 Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen / Methodik

Für die Bestimmung der energiebedingten Emissionen ist die Ableitung des Energieverbrauches nach Verbrauchersektoren für die Jahre 2000 / 2001 erforderlich. Zur Sicherung der Kompatibilität zu den Daten von 1995 wird der Endenergieverbrauch nach den Sektoren

- Verarbeitendes Gewerbe (Industrie),
- private Haushalte,
- Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher ,GHD)

dargestellt. Weiterhin sind der Energieverbrauch für die Wärme- und Stromerzeugung und die Wärme- und Stromerzeugung selbst im Freistaat Thüringen auszuweisen. Aus der Differenz von Stromverbrauch und Stromeigenerzeugung ergibt sich der Stromimport (Strombezug) des Freistaates Thüringen, der gesondert angegeben wird.

Ebenfalls zur Sicherung der Kompatibilität erfolgt die Ableitung der Verbrauchsdaten für die Jahre 2000 und 2001 nach dem gleichen methodischen Vorgehen, das bereits der Datenermitt-

lung für das Jahr 1995 zugrunde lag /INS 98/.

Im Sinne einer Fortschreibung der Treibhausgasstudie für den Freistaat Thüringen, die vom Institut für Energetik und Umwelt im Jahre 1998 erarbeitet wurde /INS 98/, werden die 1998 für das Jahr 2000 erwarteten Daten für den Endenergieverbrauch und für die Strom- und Wärmeerzeugung den tatsächlich im Jahre 2000 erreichten gegenübergestellt.

3 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Verarbeitendes Gewerbe

Der Endenergieverbrauch des Freistaates Thüringen im Sektor Verarbeitendes Gewerbe im Jahre 2000 basiert auf den Angaben der Energiebilanz des Statistischen Landesamtes Thüringen für 2000. Für das Jahr 2001 lagen mit Stand 15.11.2002 noch keine offiziellen Daten vor. Tabelle 3-1 enthält den Verbrauch an Endenergie im Sektor Verarbeitendes Gewerbe im Jahre 2000.

Tabelle 3-1: Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe im Freistaat Thüringen im Jahre 2000

Energieträger	Verbrauch in TJ
Summe feste Brennstoffe	4.473
davon: Steinkohlenprodukte gesamt	1.053
Steinkohle	55
Steinkohlenkokse	998
davon: Braunkohlenprodukte gesamt	3.420
Rohbraunkohle	1
Braunkohlenbriketts	2
andere Braunkohlenprodukte	3.417
Summe flüssige Brenn- und Treibstoffe	3.442
davon: Heizöle gesamt	2.135
Heizöl – leicht	1.622
Heizöl - schwer	513
davon: Flüssiggas	1.307
Erdgas	15.167
Strom	13.599
Fernwärme	1.858
nachwachsende Rohstoffe	84
Endenergie gesamt	38.623

Quelle: Statistischer Bericht Energiebilanz und CO₂-Bilanz Thüringen 2000

Unter Verwendung der Werte der Energieberichte des Statistischen Landesamtes Thüringen

ist in Tabelle 3-2 eine Zeitreihe zum Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe von 1991 bis 2000 dargestellt. Danach ist der Endenergieverbrauch in diesem Zeitraum um rund 51% zurückgegangen, steigt aber seit 1998 wieder an.

Tabelle 3-2: Entwicklung des Endenergieverbrauches von 1991 bis 2000 im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen

	Endenergieverbrauch in TJ							
	1991	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Summe feste Brennstoffe	42.192	15.735	5.846	5.808	6.383	5.504	5.483	4.473
Steinkohlenprodukte	12.454	4.283	1.417	1.596	1.967	1.879	2.087	1.053
Braunkohlenprodukte	29.738	11.452	4.429	4.212	4.416	3.625	3.396	3.420
Summe Mineralöle	7.431	5.963	4.240	5.040	3.876	3.478	3.849	3.442
Summe Heizöle	6.923	5.275	3.607	3.564	2.592	2.649	2.489	2.135
Heizöl – leicht	890	2.894	2.678	2.589	2.000	2.019	1.898	1.622
Heizöl - schwer	6.033	2.381	929	975	592	630	591	513
Summe Gase	7.458	12.097	14.295	12.612	13.109	13.700	13.608	15.167
Flüssiggas	508	688	633	1.476	1.284	829	1.360	1.307
Stadtgas	6.063	64						
Erdgas	1.395	12.033	14.295	12.612	13.109	13.700	13.608	15.167
Strom	11.621	8.800	9.943	10.713	10.893	11.483	12.325	13.599
Fernwärme	10.481	5.154	3.397	4.573	2.858	2.280	2.122	1.858
Nachwachsende Rohstoffe	0	217	147	97	200	270	158	84
Endenergie gesamt	79.183	47.966	37.868	38.843	37.319	36.715	37.545	38.623
	Struktur des Endenergieverbrauches in %							
	1991	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Summe feste Brennstoffe	53,3	32,8	15,4	15,0	17,1	15,0	14,6	11,6
Summe Mineralöle	9,4	12,4	11,2	13,0	10,4	9,5	10,3	8,9
davon Summe Heizöle	8,7	11,0	9,5	9,2	6,9	7,2	6,6	5,5
Summe Gase	9,4	25,2	37,8	32,5	35,1	37,3	36,2	39,3
davon Erdgas	1,8	25,1	37,8	32,5	35,1	37,3	36,2	39,3
Strom	14,7	18,3	26,3	27,6	29,2	31,3	32,8	35,2
Fernwärme	13,2	10,7	9,0	11,8	7,7	6,2	5,7	4,8
nachwachsende Rohstoffe	0,0	0,5	0,4	0,2	0,5	0,7	0,4	0,2
Endenergie gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Quelle: Energieberichte des Statistischen Landesamtes Thüringen

Mit der Abnahme des Energieverbrauches hat sich auch ein Wandel in der Energieträgerstruktur vollzogen, wobei der Anteil der festen Brennstoffe (Steinkohle, Braunkohle) von 53% auf knapp 12% sank. Gleichzeitig nahmen die Anteile für Erdgas und Strom deutlich zu, bei Erdgas von 1,8% (1991) auf 39% (2000) und bei Strom von knapp 15% auf 35% (2000). Diese

Entwicklung hat entscheidende Auswirkungen auf die energiebedingten Emissionen.

Maßstab zur Einschätzung des Energieverbrauches in der Industrie ist die Energieintensität insgesamt und die Stromintensität der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes (BWS des VGew). Die Bruttowertschöpfung (Preisbasis 1995) stellt dabei die Basis für die Ermittlung der Energieintensität des Verarbeitenden Gewerbes dar.

Tabelle 3-3 zeigt die Entwicklung von BWS insgesamt und des VGew für Thüringen, die neuen Bundesländer (ohne Berlin-Ost) und die Bundesrepublik Deutschland insgesamt in der zeitlichen Entwicklung von 1991 bis 2001. Bei einem Vergleich mit den Werten der BWS des VGew in Tabelle 3-1 der Treibhausgasstudie aus dem Jahre 1998 ist zu beachten, dass sich diese auf die Preisbasis 1991 beziehen /INS 98/.

Tabelle 3-3: Entwicklung der Bruttowertschöpfung von 1991 bis 2001; Preisbasis: 1995, Angaben in Mio. €

	Bruttowertschöpfung insgesamt			Bruttowertschöpfung Verarbeitendes Gewerbe			Anteil der BWS des VGew am BWS gesamt		
	Thüringen	neue Länder¹⁾	Deutschland	Thüringen	neue Länder¹⁾	Deutschland	Thüringen	neue Länder¹⁾	Deutschland
1991	21.820	133.694	1.598.270	2.164	13.612	410.590	9,9	10,2	25,7
1992	24.801	144.094	1.635.010	2.415	13.779	401.330	9,7	9,6	24,5
1993	27.973	161.480	1.619.220	2.988	16.470	370.990	10,7	10,2	22,9
1994	31.189	179.647	1.654.970	3.873	19.894	381.700	12,4	11,1	23,1
1995	31.887	188.457	1.690.400	4.186	21.582	382.240	13,1	11,5	22,6
1996	32.949	195.246	1.709.570	4.657	23.212	371.290	14,1	11,9	21,7
1997	34.248	199.442	1.742.090	5.086	25.390	383.990	14,9	12,7	22,0
1998	34.947	202.041	1.782.570	5.359	26.770	389.930	15,3	13,2	21,9
1999	35.702	206.542	1.818.810	5.716	27.718	384.610	16,0	13,4	21,1
2000	36.640	209.968	1.884.940	6.498	30.375	408.110	17,7	14,5	21,7
2001	36.681	210.633	1.903.910	6.743	31.996	408.710	18,4	15,2	21,5

¹⁾ Neue Bundesländer ohne Ostberlin

Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des IE

Die Anteile der BWS des Verarbeitenden Gewerbes in Thüringen an der gesamten BWS liegen über den vergleichbaren Anteilen der neuen Länder (ohne Berlin-Ost). Die Entwicklung von Endenergieverbrauch und BWS des Verarbeitenden Gewerbes findet ihren Niederschlag in einer deutlichen Verbesserung der Energieintensität der BWS des Verarbeitenden Gewer-

bes, d.h. in der Kenngröße, die den erforderlichen Einsatz von Endenergie für die Bruttowertschöpfung widerspiegelt. In Tabelle 3-4 sind die entsprechenden Werte dargestellt.

Tabelle 3-3a: Anteile Thüringens bei der BWS, in %

	<i>BWS gesamt</i> <i>Anteil Thüringens an</i> <i>neue Länder</i>		<i>BWS des VGew</i> <i>Anteil Thüringens an</i> <i>neue Länder</i>	
		<i>BRD</i>		<i>BRD</i>
1991	16,3	1,4	15,9	0,5
1992	17,2	1,5	17,5	0,6
1993	17,3	1,7	18,1	0,8
1994	17,4	1,9	19,5	1,0
1995	16,9	1,9	19,4	1,1
1996	16,9	1,9	20,1	1,3
1997	17,2	2,0	20,0	1,3
1998	17,3	2,0	20,0	1,4
1999	17,3	2,0	20,6	1,5
2000	17,5	1,9	21,4	1,6
2001	17,4	1,9	21,1	1,6

Quelle: Berechnungen des IE

Tabelle 3-3b: Zuwachsraten von BWS gesamt und BWS des VGew, in %/a

	<i>Bruttowertschöpfung gesamt</i>			<i>Bruttowertschöpfung Verarb. Gewerbe</i>		
	<i>Thüringen</i>	<i>neue Länder ¹⁾</i>	<i>Deutschland</i>	<i>Thüringen</i>	<i>neue Länder ¹⁾</i>	<i>Deutschland</i>
1991/92	13,7	7,8	2,3	11,6	1,2	-2,3
1992/93	12,8	12,1	-1,0	23,7	19,5	-7,6
1993/94	11,5	11,3	2,2	29,6	20,8	2,9
1994/95	2,2	4,9	2,1	8,1	8,5	0,1
1991/95	9,8	8,8	1,3	14,6	12,2	-1,8
1995/96	3,3	3,6	1,1	11,3	7,6	-2,9
1996/97	3,9	2,1	1,9	9,2	9,4	3,4
1997/98	2,0	1,3	2,3	5,4	5,4	1,5
1998/99	2,2	2,2	2,0	6,7	3,5	-1,4
1999/00	2,6	1,7	3,6	13,7	9,6	6,1
1995/00	2,4	1,8	1,8	8,0	7,1	1,3
2000/01	0,1	0,3	1,0	3,8	5,3	0,1

¹⁾ Neue Bundesländer ohne Ostberlin

Quelle: Berechnungen des IE

Danach ist die Energieintensität des Verarbeitenden Gewerbes insgesamt in Thüringen von 36,59 MJ/ € im Jahre 1991 auf 5,94 MJ/ € zurückgegangen. Die Elektroenergieintensität fiel von 1492 kWh/1000 € (1991) auf 581 kWh/1000 € (2000). Die Vergleichswerte für die Bun-

desrepublik Deutschland insgesamt betragen:

- Energieintensität insgesamt: 6,56 MJ/ € (1991) auf 5,95 MJ/ € (2000),
- Elektroenergieintensität: 472 kWh/1000 € (1991) auf 515 kWh/1000 € (2000).

Alle Angaben beziehen sich auf die Preisbasis 1995.

Tabelle 3-4: Entwicklung der Energieintensität der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes

	<i>Endenergieintensität gesamt in MJ/ €</i>							
	<i>1991</i>	<i>1993</i>	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>
Thüringen	36,59	16,05	9,05	8,34	7,34	6,85	6,57	5,94
Deutschland gesamt	6,56	6,56	6,47	6,53	6,35	6,15	6,19	5,95
	<i>Stromintensität in kWh/1000 €</i>							
	<i>1991</i>	<i>1993</i>	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>
Thüringen	1.492	818	660	639	595	595	599	581
Deutschland gesamt	472	486	499	506	507	510	527	515

Quellen: Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt Thüringen, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Energiebilanz Stand 7/2001),
Berechnungen des IE; Preisbasis: 1995

In der im Jahre 1998 erarbeiteten Treibhausgasstudie /INS 98/ wurden für den Freistaat Thüringen Prognosen sowohl für die BWS des Verarbeitenden Gewerbes als auch für den Endenergiebedarf für das Jahr 2000 getroffen.

Eine direkte Gegenüberstellung der Werte der BWS – VGew ist nicht möglich, weil sich die im Jahre 1998 erarbeiteten Werte auf die Preisbasis des Jahres 1991 beziehen, die Istwerte 2000 aber das Jahr 1995 als Preisbasis haben.

- In den Annahmen des Jahres 1998 wurde von einer um 44,0% („optimistische Variante“) bzw. 25,1% („weniger optimistische Variante“) höheren BWS des VGew im Jahre 2000 gegenüber der des Jahres 1995 ausgegangen.

Die Ist-Werte der BWS des Verarbeitenden Gewerbes für das Jahr 2000 betragen 55%. Gleiche Zuordnungen bei der Zusammensetzung der BWS des Verarbeitenden Gewerbes vorausgesetzt, wurde damit die prognostizierte Entwicklung der optimistischen Variante übertroffen.

- Der für das Jahr 2000 erwartete Endenergieverbrauch lag bei 40,9 PJ (optimistische Variante) bzw. 37,4 PJ (weniger optimistische Variante). Der Stromverbrauch wurde für das

Jahr 2000 auf 3190 GWh bzw. 2985 GWh eingeschätzt.

Entsprechend den Angaben der Energiebilanz des Statistischen Landesamtes (Tabelle 2-1) lag der Endenergieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes Thüringens im Jahre 2000 bei 38,62 PJ und der Stromverbrauch bei 3777 GWh. Das bedeutet, dass sich die Energieintensität der BWS des VGew insgesamt besser entwickelt hat als ursprünglich angenommen (2,2 PJ geringerer Endenergieverbrauch bei einem deutlich höheren Zuwachs der BWS des VGew). Erhöht hat sich dagegen die Stromintensität der BWS des VGew um 790 GWh.

Diese vergleichenden Darstellungen zur Entwicklung des Endenergieverbrauches im Sektor Verarbeitendes Gewerbe haben Bedeutung für die Prognose des Endenergiebedarfes in diesem Sektor.

Da mit Stand 15.11.2002 noch keine Energiebilanz des Statistischen Landesamtes für das Jahr 2001 vorlag, werden im folgenden für 2001 Abschätzungen vorgenommen.

Nach Angaben des Statistischen Landesamtes Thüringen betrug im Jahre 2001 die Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe 6.743 Mio. €. Wird unter Berücksichtigung der Entwicklung der Energieintensität der BWS des VGew seit 1991 (Tabelle 3-4) für das Jahr 2001 von einer Energieintensität insgesamt von 5,75 MJ/ € sowie einer Elektroenergieintensität von 574 kWh/1000 € (geringfügig unter dem Wert des Jahres 2000) ausgegangen, ergibt sich für das Jahr 2001 ein Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe von 38,8 PJ. Unter Bezugnahme auf die Entwicklung der Energieträgerstruktur seit 1995 in diesem Sektor ist ein Endenergieverbrauch in Höhe und Struktur im Jahre 2001 wahrscheinlich, wie er in Tabelle 3-5 angegeben ist.

Tabelle 3-5: Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen für 2001

	Energieverbrauch in TJ
feste Brennstoffe gesamt	4.267
davon: Steinkohle gesamt	970
Braunkohle gesamt	3.298
flüssige Brenn- und Treibstoffe gesamt	3.390
davon: Heizöl gesamt	2.090
Heizöl - leicht	1.590
Heizöl - schwer	500
davon: Flüssiggas	1.300
Erdgas	15.266
nachwachsende Rohstoffe	85
Strom	13.966
Fernwärme	1.821
Endenergie gesamt	38.795

Quelle: Berechnungen des IE

4 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Private Haushalte

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte setzt sich zusammen aus dem Energieverbrauch der Prozesse

- Raumheizung,
- Warmwasserbereitung,
- Nahrungszubereitung,
- Beleuchtung,
- Nutzung energieverbrauchender Haushaltgeräte und Geräte zur Freizeitgestaltung,

wobei die Raumheizung mit einem Anteil von rund 75% den Energieverbrauch dominiert.

Grundlage für die Analyse des Endenergieverbrauches ist der Bestand an energieverbrauchswirksamen Wohnungseinheiten (WE). Dieser WE-Bestand bezieht sich auf den Bestand an Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) und in Mehrfamilienhäusern (MFH), der tatsächlich zu Wohnzwecken genutzt wird, d.h. Gesamtbestand an WE, wie er von den Statistischen Landesämtern mit Stand 31.12. eines jeden Jahres veröffentlicht wird, abzüglich

der leerstehenden und der nicht zu Wohnzwecken (also gewerblich) genutzten WE.

Offizielle Angaben zum Bestand an energieverbrauchswirksamen WE existieren nicht, so dass andere Wege zur Ermittlung dieses WE-Bestandes beschritten werden müssen.

4.1 Bestand an energieverbrauchswirksamen Wohnungseinheiten in Thüringen 2000 und 2001

In den Energiebilanzen des Statistischen Landesamtes werden als Endenergieverbrauch die Energieträgermengen ausgewiesen, die im jeweils betrachteten Jahr abgesetzt wurden. Die Energiebilanz ist vom Prinzip her eine Absatz- (Verkaufs-) Bilanz.

Bei der Darstellung der Verbrauchswerte stützt sich die Bilanz für die Bereiche private Haushalte und Kleinverbraucher (Sektor GHD) auf die Angaben von Energieversorgungsunternehmen (Stadtwerke, Gasversorgungsunternehmen, Brennstoffhändler).

In den letzten Jahren, insbesondere mit der Ausweitung der Liberalisierung der Energiemärkte, hat sich gezeigt, dass eine eindeutige und vollständige Zuordnung des Energieverbrauches zu den Sektoren Haushalte und GHD immer schwieriger wird. Das gilt nicht nur für die lagerfähigen Energieträger (feste Brennstoffe, Heizöl), sondern in zunehmendem Maße auch für die leitungsgebundenen (Strom, Erdgas, Fernwärme).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass im September 2002 ein Projekt des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gestartet wurde, das die Qualifizierung der Statistik des Energieverbrauches der Sektoren private Haushalte und GHD zum Inhalt hat.

Um unter diesen Bedingungen eine belastbare Ausgangsbasis für die Ermittlung der energiebedingten Emissionen des Sektors private Haushalte zu erhalten, wird für die Analyse des Energieverbrauches der privaten Haushalte Thüringens in den Jahren 2000 und 2001 vom Bestand an energieverbrauchswirksamen WE ausgegangen. Wegen der dominierenden Stellung der Raumheizung ist dabei eine Gliederung des WE-Bestandes nach Gebäudetypen (WE in EZFH bzw. in MFH) und nach Heizungssystemen vorzunehmen, wobei infolge der bestehenden Unterschiede im Umfang des Bestandes an WE in EZFH bzw. WE in MFH eine Aufteilung des WE-Bestandes Thüringens nach kreisfreien Städten und Landkreisen Thüringens sinnvoll ist.

Im Institut für Energetik und Umwelt gGmbH wurde eine Zeitreihe zum Bestand an energieverbrauchswirksamen WE nach Gebäudetypen und Heizungssystemen erarbeitet. Grundlage sind die Ergebnisse der Gebäude- und Wohnraumzählung 1995 sowie einer Bestandsfortschreibung unter Berücksichtigung

- der Bevölkerungsentwicklung,
- des Wohnungsneubaus (insbesondere bei EZFH),
- der Angaben der Schornsteinfegerinnung über die laut Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) durchgeführten Messungen der Gas- und Ölfeuerungsanlagen.

Die Angaben zur durchschnittlichen Wohnungsgröße, die maßgeblich für den Energiebedarf für die Raumheizung sind, basieren auf den Veröffentlichungen der Statistischen Landesämter.

Tabelle 4.1-1 enthält die Einwohnerzahl sowie den dafür ermittelten Bestand an energieverbrauchswirksamen WE in Thüringen für 1995, 2000 und 2001.

Gegenüber den Darstellungen in der Treibhausgasstudie für das Jahr 1995 /INS 98/ wurde der Gesamtbestand an energieverbrauchswirksamen WE des Jahres 1995 geringfügig korrigiert: $1060,42 \cdot 10^3$ WE statt $1042,58 \cdot 10^3$ WE, wobei sich diese Veränderung weitestgehend auf den Bestand an WE in MFH auswirkt.

Aus den Darstellungen der Tabelle 4.1-1 geht hervor, dass die Einwohnerzahl in Thüringen von 1995 bis 2001 um 92.400 abnahm, was einem Rückgang von 3,7% in sechs Jahren entspricht. Dabei ist der Einwohnerrückgang in den kreisfreien Städten mit 5,2% deutlich größer als in den Landkreisen (3,2%).

Der Bestand an energieverbrauchswirksamen WE ging im Zeitraum 1995 bis 2001 um insgesamt 28.100 WE zurück, wobei jedoch der Bestand an EZFH um rund 25.300 zunahm. Auf diese Weise stieg der Anteil der WE in EZFH am WE-Bestand insgesamt in Thüringen von 45,2% (1995) auf 49% (2001).

Der Zuwachs im Bestand an WE in EZFH basiert vor allem auf dem Wohnungsneubau, wobei allerdings festzustellen ist, dass der Neubau nach 1998 stark zurückgegangen ist. Im Jahre 2001 wurden nur noch knapp 63% des Neubauumfanges des Jahres 1995 realisiert.

Tabelle 4.1-1: Bestand an energieverbrauchswirksamen WE im Freistaat Thüringen

Einwohneranzahl				
		kreisfreie Städte ¹⁾	Landkreise	Thüringen gesamt
	1995	596.774	1.907.011	2.503.785
	2000	568.184	1.863.071	2.431.255
	2001	565.738	1.845.649	2.411.387
	2001 zu 1995	-31.036	-61.362	-92.398
Bestand an energieverbrauchswirksamen WE (in 1000 WE)				
		kreisfreie Städte ¹⁾	Landkreise	Thüringen gesamt
WE in EZFH	1995	46,61	433,01	479,62
	2000	51,81	449,89	501,70
	2001	52,63	452,29	504,92
	2001 zu 1995	6,02	19,28	25,30
WE in MFH	1995	233,08	347,72	580,80
	2000	216,96	318,14	535,10
	2001	215,33	312,06	527,38
	2001 zu 1995	-17,75	-35,66	-53,42
WE insgesamt	1995	279,69	780,73	1.060,42
	2000	268,77	768,03	1.036,80
	2001	267,96	764,34	1.032,30
	2001 zu 1995	-11,73	-16,39	-28,12
durchschnittliche Wohnfläche in m²/WE				
		kreisfreie Städte ¹⁾	Landkreise	Thüringen gesamt
WE in EZFH	1995	81,5	91,8	90,8
	2000	93,6	92,6	92,7
	2001	94,0	92,8	93,0
WE in MFH	1995	55,0	63,0	59,8
	2000	59,9	60,5	60,2
	2001	60,1	60,5	60,3

¹⁾ einschließlich Stadt Eisenach, 1995 rückgerechnet;

Quelle: Statistisches Landesamt (Einwohnerzahlen, Wohnfläche), Untersuchungen des IE (WE-Bestand)

In Tabelle 4.1-2 ist der abgeleitete WE-Bestand nach Heizungssystemen dargestellt. Im Vergleich zur Struktur des Jahres 1995 zeigt sich ein deutlicher Zuwachs des Bestandes an WE mit Gasheizung (einschließlich gasversorgter Nahwärmesysteme) bei einer gleichzeitig starken Verringerung des Bestandes an WE mit Kohleheizung.

Tabelle 4.1-2: Heizungsstruktur des Bestandes energieverbrauchswirksamer WE, Angaben in 10³ WE

Angaben in 1.000 WE		1995			2000			2001			Entwicklung 2001 zu 1995		
		EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
WE mit Fernwärme- versorgung	Städte	0,3	122,3	122,6	0,4	113,7	114,1	0,5	113,0	113,5	0,2	-9,3	-9,1
	Landkreise	0,0	104,1	104,1	0,0	96,5	96,6	0,0	95,3	95,3	0,0	-8,8	-8,8
	gesamt	0,3	226,3	226,6	0,5	210,2	210,7	0,6	208,2	208,8	0,3	-18,1	-17,8
WE mit Gasheizung	Städte	32,6	48,3	80,9	42,5	81,3	123,8	43,4	83,8	127,2	10,8	35,5	46,3
	Landkreise	186,9	65,1	252,1	276,7	146,6	423,3	281,7	150,8	432,5	94,8	85,7	180,5
	gesamt	219,5	113,5	333,0	319,2	227,9	547,2	325,1	234,6	559,7	105,6	121,2	226,7
WE mit Ölheizung	Städte	6,8	2,9	9,8	8,5	7,0	15,5	8,5	7,0	15,6	1,7	4,1	5,8
	Landkreise	128,5	16,0	144,5	166,9	37,3	204,2	168,2	40,1	208,3	39,8	24,0	63,8
	gesamt	135,3	19,0	154,2	175,4	44,3	219,7	176,7	47,1	223,8	41,5	28,1	69,6
WE mit Stromheizung	Städte	0,1	11,0	11,1	0,1	3,9	4,0	0,1	2,9	3,0	0,0	-8,1	-8,2
	Landkreise	1,2	30,4	31,5	0,8	9,4	10,2	1,1	6,8	7,9	-0,1	-23,6	-23,6
	gesamt	1,2	41,4	42,6	0,8	13,3	14,1	1,2	9,7	10,8	-0,1	-31,7	-31,8
WE mit Festbrennstoff- heizung	Städte	6,8	48,5	55,3	0,3	11,1	11,4	0,1	8,7	8,8	-6,7	-39,9	-46,6
	Landkreise	116,5	132,1	248,6	5,5	28,3	33,8	1,3	19,1	20,4	-115,2	-113,0	-228,2
	gesamt	123,3	180,7	304,0	5,7	39,4	45,2	1,4	27,7	29,2	-121,9	-152,9	-274,8
WE gesamt	Städte	46,6	233,1	279,7	51,8	217,0	268,8	52,6	215,3	268,0	6,0	-17,8	-11,7
	Landkreise	433,0	347,7	780,7	449,9	318,1	768,0	452,3	312,1	764,3	19,3	-35,7	-16,4
	gesamt	479,6	580,8	1060,4	501,7	535,1	1036,8	504,9	527,4	1032,3	25,3	-53,4	-28,1
Angaben in %		1995			2000			2001					
		EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt			
WE mit Fernwärme- versorgung	Städte	0,6	52,5	43,8	0,9	52,4	42,5	1,0	52,5	42,4			
	Landkreise	0,0	29,9	13,3	0,0	30,3	12,6	0,0	30,5	12,5			
	gesamt	0,1	39,0	21,4	0,1	39,3	20,3	0,1	39,5	20,2			
WE mit Gasheizung	Städte	69,9	20,7	28,9	82,0	37,5	46,1	82,5	38,9	47,5			
	Landkreise	43,2	18,7	32,3	61,5	46,1	55,1	62,3	48,3	56,6			
	gesamt	45,8	19,5	31,4	63,6	42,6	52,8	64,4	44,5	54,2			
WE mit Ölheizung	Städte	14,6	1,3	3,5	16,4	3,2	5,8	16,2	3,3	5,8			
	Landkreise	29,7	4,6	18,5	37,1	11,7	26,6	37,2	12,8	27,2			
	gesamt	28,2	3,3	14,5	35,0	8,3	21,2	35,0	8,9	21,7			
WE mit Stromheizung	Städte	0,2	4,7	4,0	0,2	1,8	1,5	0,2	1,3	1,1			
	Landkreise	0,3	8,7	4,0	0,2	3,0	1,3	0,2	2,2	1,0			
	gesamt	0,3	7,1	4,0	0,2	2,5	1,4	0,2	1,8	1,0			
WE mit Festbrennstoff- heizung	Städte	14,6	20,8	19,8	0,5	5,1	4,2	0,2	4,0	3,3			
	Landkreise	26,9	38,0	31,8	1,2	8,9	4,4	0,3	6,1	2,7			
	gesamt	25,7	31,1	28,7	1,1	7,4	4,4	0,3	5,3	2,8			

Quelle: Untersuchungen des IE

4.2 Energieverbrauch für die Raumheizung

Auf der Grundlage der abgeleiteten Heizungsstruktur sowie der durchschnittlichen Wohnungsgröße (zu beheizende Wohnfläche) wird unter Verwendung von Kenngrößen für den spezifischen Jahresheizwärmebedarf (in GJ/WE) der Endenergieverbrauch für die Raumhei-

zung abgeleitet. Dabei existiert für jedes Heizungssystem eine spezielle Kenngröße. Die spezifischen Kenngrößen berücksichtigen den

- Raumwärmebedarf entsprechend dem Gebäudetyp (EZFH, MFH),
- Grad der Wärmedämmung (Neubau, sanierter Altbau, unsanierter Altbau),
- Wirkungsgrad des Heizungssystems (Umwandlung Endenergie in Nutzenergie Wärme).

Tabelle 4.2-1 gibt eine Übersicht über die für die Jahre 2000 und 2001 berücksichtigten Kenngrößen. Dabei ist unterstellt, dass alle Neubauten (Zeitraum seit 1995) nach den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung errichtet wurden. Hinsichtlich der bestehenden Gebäude wird auf der Grundlage von Konsultationen der Wohnungswirtschaft ein Sanierungsgrad von 63% angenommen, wobei aus wirtschaftlichen Gründen (darunter auch die Vermietbarkeit von WE in MFH) nur ein mittlerer Grad der Verbesserung der Wärmedämmung angenommen werden kann.

Der mit Hilfe dieser Kenngrößen ermittelte Endenergieverbrauch für die Raumheizung der Jahre 2000 und 2001 ist in Tabelle 4.2-2 dargestellt. Dieser Verbrauch stellt einen temperaturbereinigten Verbrauch dar, d.h. er bezieht sich auf ein langjähriges Mittel (30 Jahre) der Temperaturen in der Heizperiode.

Tabelle 4.2-1: Spezifische Kenngrößen des Raumheizungsbedarfes, Angaben in GJ/WE

		EZFH		MFH	
		saniert ¹⁾	unsaniert	saniert ¹⁾	unsaniert
Fernwärmeversorgung	kreisfreie Städte	51,2	2)	22,5	36,9
	Landkreise	56,0		25,2	41,2
Gasheizung	kreisfreie Städte	55,7	90,5	24,8	40,5
	Landkreise	60,9	98,9	27,6	45,2
Ölheizung	kreisfreie Städte	56,3	91,5	25,0	41,0
	Landkreise	61,5	100,0	28,0	45,7
Stromheizung	kreisfreie Städte	52,3	84,9	23,0	37,6
	Landkreise	57,1	92,9	25,7	42,0
Einzelofenheizung	kreisfreie Städte	3)	90,8	3)	36,9
	Landkreise		99,3		41,2
Wohnungszentralheizung feste Brennstoffe	kreisfreie Städte	3)	114,1	3)	49,8
	Landkreise		124,8		55,5

1) einschließlich Neubau

2) generell Sanierung unterstellt

3) generell keine Sanierung unterstellt

Quelle: Untersuchungen des IE

Unter Verwendung der durchschnittlichen Monatstemperaturen der Heizperiode der Jahre 2000 und 2001 (Temperaturangaben des Deutschen Wetterdienstes für die Messstelle Erfurt-Bindersleben) werden die Heizgradtage für 2000 und 2001 ermittelt, mit deren Hilfe der temperaturbereinigte Energieverbrauch für die Raumheizung in den tatsächlichen (Ist-) Verbrauch der Jahre 2000 und 2001 transformiert wird. Es werden folgende Heizgradtagzahlen verwendet:

<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>langjähriges Mittel</i>
3294	3619	3835

Der resultierende Ist-Verbrauch der Jahre 2000 und 2001 ist in Tabelle 4.2-3 abgebildet.

Die Aufteilung des Verbrauches der Gasheizungsanlagen nach Erdgas und Flüssiggas erfolgte auf der Grundlage einer Einschätzung des Anteils der mit Flüssiggas betriebenen Heizungsanlagen (vorwiegend EZFH in ländlichen, nicht mit einem Gasnetz versorgten Gebieten). Ebenso basiert die Aufteilung der festen Brennstoffe auf Steinkohlenprodukte, Braunkohlenbriketts und Holz auf Annahmen (Erfahrungen) zur Struktur der Festbrennstoffheizung (Einzelofenheizung, Wohnungszentralheizung, Kachelofen-Warmluftheizung).

Die Aussagen zum Einsatz von Holz (nachwachsende Rohstoffe) sind Schätzwerte auf der Grundlage der Angaben in der Energiebilanz Thüringens für das Jahr 2000. Belastbare Daten zum Verbrauch von Holz existieren gegenwärtig nicht. Beispielsweise enthalten die Energiebilanzen ostdeutscher Länder Angaben zum Holzeinsatz in den Sektoren private Haushalte und GHD (als summierte Werte), die von Bundesland zu Bundesland große und nicht nachvollziehbare Unterschiede aufweisen, z. B. zwischen 202 TJ (Sachsen) bis 1662 TJ (Thüringen).

**Tabelle 4.2-2: Endenergieverbrauch für die Raumheizung (temperaturbereinigter Verbrauch),
Angaben in TJ**

Energieverbrauch temperaturbereinigt		2000	2001
Fernwärme	gesamt	6.203	6.158
	davon: kreisfreie Städte	3.155	3.150
	Landkreis	3.048	3.008
Gas	gesamt	31.570	32.186
	davon: kreisfreie Städte	5.531	5.673
	Landkreis	26.039	26.513
davon: Erdgas Flüssiggas	gesamt	29.540	30.377
	gesamt	2.030	1.809
Heizöl	gesamt	14.524	14.701
	davon: kreisfreie Städte	777	780
	Landkreis	13.747	13.921
Elektroenergie	gesamt	533	424
	davon: kreisfreie Städte	134	101
	Landkreis	399	323
feste Brennstoffe gesamt	gesamt	2.364	1.342
	davon: kreisfreie Städte	470	354
	Landkreis	1.894	988
Endenergie gesamt	gesamt	55.194	54.811
	davon: kreisfreie Städte	10.067	10.058
	Landkreis	45.127	44.753
Aufteilung feste Brennstoffe		2000	2001
Braunkohlenbrikett	gesamt	1.527	961
	davon: kreisfreie Städte	379	293
	Landkreis	1.148	668
Steinkohlen-Produkte	gesamt	662	260
	davon: kreisfreie Städte	90	60
	Landkreis	571	199
Holz	gesamt	175	121
	davon: kreisfreie Städte	0	0
	Landkreis	175	121

Quelle: Berechnungen des IE

Tabelle 4.2-3: Endenergieverbrauch für die Raumheizung (Ist- Verbrauch), Angaben in TJ

Energieverbrauch Ist		2000	2001
Fernwärme	gesamt	5.328	5.811
	davon: kreisfreie Städte	2.710	2.972
	Landkreis	2.618	2.839
Gase gesamt	gesamt	27.119	30.374
	davon: kreisfreie Städte	4.751	5.354
	Landkreis	22.367	25.020
davon: Erdgas	gesamt	25.505	28.616
Flüssiggas	gesamt	1.614	1.758
Heizöl	gesamt	12.476	13.873
	davon: kreisfreie Städte	668	736
	Landkreis	11.808	13.137
Elektroenergie	gesamt	458	400
	davon: kreisfreie Städte	115	95
	Landkreis	343	305
feste Brennstoffe gesamt	gesamt	2.030	1.266
	davon: kreisfreie Städte	404	334
	Landkreis	1.627	933
Endenergie gesamt	gesamt	47.411	51.725
	davon: kreisfreie Städte	8.648	9.491
	Landkreis	38.764	42.233
Aufteilung feste Brennstoffe		2000	2001
Braunkohlenbrikett	gesamt	1.287	900
	davon: kreisfreie Städte	326	277
	Landkreis	961	624
Steinkohlen-Produkte	gesamt	568	245
	davon: kreisfreie Städte	78	57
	Landkreis	491	188
Holz	gesamt	175	121
	davon: kreisfreie Städte	0	0
	Landkreis	175	121

Quelle: Berechnungen des IE

4.3 Sonstiger Energieverbrauch der privaten Haushalte

Warmwasserbereitung

Die Ermittlung des Endenergieverbrauchs für die Warmwasserbereitung, auf den ca. 10% des Endenergieverbrauches der privaten Haushalte entfallen, erfolgt in ähnlicher Weise wie bei der Raumheizung über spezifische Kenngrößen und Ausstattungsraten.

Belastbare Daten für die Ausstattung der WE mit Bad und/oder Dusche existieren nicht. Es wird davon ausgegangen, dass alle EZFH mit einem Bad ausgestattet sind. Für die MFH wird für Thüringen eine Ausstattungsrate zwischen 97,5% und 99% unterstellt (Unterschiede zwischen kreisfreien Städten und Landkreisen). Die Struktur der Warmwasserbereitung lehnt sich weitestgehend an die Struktur der Raumheizung an, d.h. WE mit einer Fernwärmeversorgung und einer Gasheizung (Einzelheizung oder Nahwärmeversorgung) verfügen im Allgemeinen über eine Warmwasserbereitung mit gleichem Energieträger. Bei WE mit Ölheizung und Kohleheizung wird unterstellt, dass gleichzeitig elektrisch betriebene Warmwasserbereitung erfolgt.

Für alle Versorgungssysteme (außer Kohlebadeofen) wird von einem Warmwasserverbrauch von durchschnittlich 42 Liter pro Person und Tag ausgegangen. Als jährliche Nutzungstage werden 345 Tage angenommen. Unter Berücksichtigung einer Temperaturdifferenz von 35°C zwischen Kalt- und Warmwasser sowie entsprechender Wirkungsgrade der Warmwasserbereitungssysteme gelten folgende spezifischen Kenngrößen für die Ermittlung des Endenergieverbrauches für die Warmwasserbereitung:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| • Fernwärme | 3,03 GJ/Person und Jahr, |
| • Gas | 3,12 GJ/Person und Jahr, |
| • Heizöl | 3,27 GJ/Person und Jahr, |
| • Strom | 2,47 GJ/Person und Jahr, |
| • feste Brennstoffe (Holz, Brikett) | 1,69 GJ/Person und Jahr. |

Unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Belegung einer WE in Thüringen von 2,34 Einwohner je WE (für EZFH gilt in der Regel ein höherer Wert, in MFH ein geringerer) ergibt sich der Endenergieverbrauch für die Warmwasserbereitung, der zusammengefasst mit dem Verbrauch weiterer Energieanwendungsprozesse in Tabelle 4.4-1 enthalten ist.

Nahrungszubereitung

Für die Nahrungszubereitung mit einem Anteil von ca. 3% des Endenergieverbrauches der privaten Haushalte wird davon ausgegangen, dass in rund 75% der WE Elektroherde installiert sind, 25% der WE verfügen über einen Gasherd.

Als durchschnittlicher Verbrauch wird unter Berücksichtigung der spezifischen Verbrauchs-

werte der Geräte sowie der Verbrauchergewohnheiten angenommen:

- | | |
|---------------|----------------|
| • Elektroherd | 1,82 GJ/(WE*a) |
| • Gasherd | 2,39 GJ/(WE*a) |

Der sich daraus ergebende Endenergieverbrauch ist in Tabelle 4.4-1 dargestellt.

Sonstiger Endenergieverbrauch

Dieser Endenergieverbrauch umfasst ca. 11% des Energieverbrauches der privaten Haushalte. Er setzt sich im wesentlichen aus dem Stromverbrauch für die Beleuchtung und die Nutzung elektrischer Haushaltgeräte und energieverbrauchender Geräte der Freizeitgestaltung zusammen. Es wird ein Stromverbrauch für die Beleuchtung von 2,75 kWh/m² Wohnfläche pro Jahr angenommen.

Der Stromverbrauch für die Nutzung elektrischer Haushaltgeräte basiert auf spezifischen Verbrauchswerten, die sich auf eine Untersuchung des Umweltbundesamtes aus dem Jahre 2001 beziehen:

- | | |
|--------|-------------|
| • EZFH | 2558 kWh/WE |
| • MFH | 1650 kWh/WE |

Bei diesen Verbrauchswerten wird von einer durchschnittlichen Ausstattung der Haushalte mit Gefrier- und Kühlgeräten, Waschgeräten, Fernsehgeräten, Radios, HiFi-Geräten, PC und elektrischen Kleingeräten ausgegangen, wie sie durch die entsprechenden Statistiken, insbesondere die 1% Stichprobe der Statistischen Landesämter („Mikrozensus“), ausgewiesen wird.

Der Endenergieverbrauch für diese Prozesse ist in Tabelle 4.4-1 enthalten. Zusätzlich weist diese Tabelle noch einen sonstigen Verbrauch an Flüssiggas und Holz aus, der auf den Energieverbrauch für Freizeitgestaltung zurückgeht (Camping, Nutzung von Wochenendgrundstücken, u.ä.).

4.4 Endenergieverbrauch im Sektor private Haushalte insgesamt

Als Zusammenfassung der dargestellten Prozesse der Energieverwendung in den WE der EZFH und der MFH ergibt sich der Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte.

In den Tabellen 4.4-1 und 4.4-2 sind der Energieverbrauch als temperaturbereinigter und als Ist-Verbrauch angegeben, Tabelle 4.4-1a weist den prozentualen Anteil der einzelnen Energieträger aus.

Tabelle 4.4-1: Endenergieverbrauch (temperaturbereinigt) im Sektor private Haushalte Thüringens, Angaben in TJ

	Raum- heizung	Warm- wasser	2000 Nah- rungs- zuber.	sonstige Prozesse	gesamt	Raum- heizung	Warm- wasser	2001 Nah- rungs- zuber.	sonstige Prozesse	gesamt
Elektroenergie	533	241	1.414	7.795	9.983	424	213	1.414	7.779	9.830
Fernwärme	6.203	1.234			7.436	6.158	1.222			7.380
Gase gesamt	31.570	4.154	621	121	36.465	32.186	4.195	605	120	37.107
dav. Erdgas	29.691	4.154	527		34.372	30.323	4.195	515		35.033
Fl.-Gas	1.879		93	121	2.093	1.863		91	120	2.074
Heizöl-leicht	14.524	1.680			16.204	14.701	1.694			16.395
feste Brennst.	2.364	75		633	3.072	1.342	46		665	2.053
dav. BB	1.527	52			1.580	961	32			993
SK-Prod.	662	0			662	260	0			260
Holz	175	22		633	831	121	14		665	800
sonstige ¹⁾		42			42		43			43
gesamt	55.194	7.425	2.034	8.549	73.202	54.811	7.414	2.020	8.564	72.808

¹⁾ Solarenergie

Quelle: Berechnungen des IE

Tabelle 4.4-1a: Struktur des Endenergieverbrauches im Sektor private Haushalte Thüringens

Struktur des Endenergieverbrauches (in %)			
	1995 ¹⁾	2000	2001
Elektroenergie	13,5	13,6	13,5
Fernwärme	11,9	10,2	10,1
Erdgas	32,5	47,0	48,1
Flüssiggas	2,6	2,9	2,8
Heizöl	16,8	22,1	22,5
feste Brennstoffe	22,7	4,2	2,8
sonstige		0,1	0,1
gesamt	100,0	100,0	100,0

¹⁾ zum Vergleich

Tabelle 4.4-2: Endenergieverbrauch (Ist-Verbrauch) im Sektor private Haushalte Thüringens, Angaben in TJ

	2000					2001				
	Raum- heizung	Warm- wasser	Nah- rungs- zuber.	sonstige Prozesse	gesamt	Raum- heizung	Warm- wasser	Nah- rungs- zuber.	sonstige Prozesse	gesamt
Elektroenergie	458	241	1.414	7.795	9.908	400	213	1.414	7.779	9.806
Fernwärme	5.328	1.234	0	0	6.562	5.811	1.222	0	0	7.033
Gase gesamt	27.118	4.154	621	121	32.014	30.374	4.195	605	120	35.294
dav. Erdgas	25.505	4.154	527	0	30.186	28.616	4.195	515	0	33.326
Fl.-Gas	1.614	0	93	121	1.828	1.758	0	91	120	1.969
Heizöl-leicht	12.476	1.680	0	0	14.156	13.873	1.694	0	0	15.568
feste Brennst.	2.030	75	0	633	2.738	1.266	46	0	665	1.977
dav. BB	1.287	52	0	0	1.340	900	32	0	0	933
SK-Prod.	568	0	0	0	568	245	0	0	0	245
Holz	175	22	0	633	831	121	14	0	665	800
sonstige ¹⁾		42	0	0	42		43	0	0	43
gesamt	47.411	7.425	2.034	8.549	65.420	51.725	7.414	2.020	8.564	69.722

¹⁾ Solarenergie

Quelle: Berechnungen des IE

5 Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHD)

Auch wenn per Definition eine klare Zuordnung der Energieverbraucher zu diesem Sektor existiert, erschwert deren heterogene Zusammensetzung die Analyse des Endenergieverbrauches.

In der Energiebilanz des Statistischen Landesamtes ist ein vollständiger Ausweis des Energieverbrauches des Sektors GHD nicht gegeben. Für die nicht leitungsgebundenen Energieträger wird in den Energiebilanzen nur der summierte Verbrauch der Sektoren private Haushalte und GHD ausgewiesen. (Dieser Umstand gilt für alle Länderenergiebilanzen in Deutschland und für die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland insgesamt.)

Auch wenn in der Energiebilanz des Statistischen Landesamtes für die leitungsgebundenen Energieträger Aufteilungen nach den Sektoren Haushalte und GHD vorgenommen werden, ist diese teilweise nicht korrekt, weil der getrennte Ausweis des Verbrauchs oftmals zeitaufwän-

dig und für die EVU, die die Daten bereitstellen, nicht zwingend notwendig ist. Beispielsweise werden Teile des Erdgasverbrauches, die der Beheizung von Wohnungen dienen, dem Sektor GHD zugeordnet, wenn die Wärmeversorgung der betreffenden WE durch ein kommerziell arbeitendes Contracting-Unternehmen erfolgt und diese energieverbrauchsseitig als Bestandteil des Sektors GHD zählen.

Probleme bestehen auch bei der Erfassung des Verbrauches fester Brennstoffe nach Bundesländern. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, wird der Energieverbrauch des Sektors GHD als Differenz zwischen dem in der Energiebilanz des Statistischen Landesamtes ausgewiesenen Gesamtverbrauch beider Sektoren und dem Energieverbrauch des Sektors private Haushalte, wie er auf der Grundlage plausibler Einflussfaktoren ermittelt wurde, bestimmt.

Tabelle 5-1 gibt den Ist-Verbrauch des Jahres 2000 im Sektor GHD nach dieser Verfahrensweise wieder.

Die Abweichungen dieser Werte für Elektroenergie und Strom gegenüber den in der Energiebilanz Thüringens ausgewiesenen sind marginal. Lediglich für den Energieträger Erdgas besteht zwischen dem Wert der Tabelle 5-1 und dem der Energiebilanz (Sektor GHD) ein größerer Unterschied, der jedoch auf das oben angeführte Problem der Zuordenbarkeit des Energieverbrauches für die Wohnraumbeheizung durch Contracting-Unternehmen zurückzuführen ist.

Wegen der Vergleichbarkeit des Endenergieverbrauches des Sektors GHD ist es notwendig, diesen in den temperaturbereinigten Verbrauch zu transformieren. Dabei wird unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen sowie einschlägiger Veröffentlichungen von einem Anteil des temperaturabhängigen Verbrauches von 62% ausgegangen.

Der temperaturbereinigte Verbrauch ist ebenfalls in Tabelle 5-1 enthalten.

Um den Endenergieverbrauch des Sektors GHD bewerten zu können, ist eine relevante Maßzahl (Kenngröße) erforderlich. Sinnvollerweise sollte dabei als Bezugsbasis die Einwohnerzahl verwendet werden, weil der Energieverbrauch durch Leistungen entsteht, die - von geringen Ausnahmen abgesehen - unmittelbar für die im betrachteten Bundesland beheimateten Einwohner erbracht werden. Die Kenngröße GJ/Einwohner (oder kWh/EW) ist deshalb eine plausible Maßzahl für die Einschätzung des Energieverbrauches im Sektor GHD.

Unter Bezugnahme auf die in Tabelle 4.1-1 angegebene Einwohnerzahl per 31.12.2000 in Thüringen ergibt sich für den in Tabelle 5-1 dargestellten temperaturbereinigten Energieverbrauch ein spezifischer Energieverbrauch pro Jahr von 17,7 MJ/EW bzw. 4.925 kWh/EW.

Tabelle 5-1: Endenergieverbrauch im Sektor GHD in Thüringen im Jahre 2000

	<i>Ist-Verbrauch</i>		<i>temperaturbereinigter Verbrauch</i>	
	<i>TJ</i>	<i>Anteil (%)</i>	<i>TJ</i>	<i>Anteil (%)</i>
Brennstoffe gesamt	151	0,38	174	0,40
davon: Steinkohlen gesamt	111	0,28	126	0,29
Steinkohle	57	0,14		
Steinkohlenbriketts	18	0,05		
Steinkohlenkoks	36	0,09		
davon: Braunkohle gesamt	40	0,10	47	0,11
Rohbraunkohle	4	0,01		
Braunkohlenbriketts	36	0,09		
Flüssige Brenn- und Treibstoffe gesamt	11.703	29,66	12.868	29,83
davon: Kraftstoffe gesamt	3.857	9,77	3.857	8,94
Ottokraftstoff	305	0,77	305	
Dieselkraftstoff	3.552	9,00	3.552	
davon: Heizöle gesamt	7.434	18,84	8.533	19,78
Heizöl - leicht	7.424	18,81	8.521	
Heizöl - schwer	10	0,03	12	
davon: Flüssiggas	412	1,04	478	1,11
Erdgas	9.720	24,63	11.076	25,67
nachwachsende Rohstoffe	831	2,11	831	1,93
Sonstige¹⁾	42	0,11	42	0,10
Strom	13.178	33,39	13.719	31,80
Fernwärme	3.836	9,72	4.435	10,28
Endenergie gesamt	39.462	100	43.144	100

¹⁾ vorwiegend Solarenergie

Quelle: Statistisches Landesamt, Berechnungen des IE

Zum Vergleich wird im Deutschlandreport der PROGNOSE AG, Basel, für das Jahr 1997 ein Endenergieverbrauch im Sektor GHD für die Bundesrepublik Deutschland ausgewiesen, der einem spezifischen Verbrauch von 18,8 MJ/EW oder 5.215 kWh/EW entspricht. Aus dieser Sicht heraus ist der für den Freistaat Thüringen abgeleitete Endenergieverbrauch für das Jahr

2000 plausibel.

Unter der Voraussetzung einer im wesentlichen numerisch gleich großen Kenngröße „Energieverbrauch je Einwohner“ wird unter Verwendung der Einwohnerzahl der wahrscheinliche Endenergieverbrauch im Sektor GHD für das Jahr 2001 dargestellt. Die auf diese Weise ermittelten Energieverbrauchsbilanzen für den Sektor GHD für das Jahr 2001 sind in Tabelle 5-2 angegeben.

In der im Jahre 1998 erarbeiteten Treibhausgasstudie für den Freistaat Thüringen /INS 98/ wurde für das Jahr 2000 von einem um 6.855 TJ (bzw. um 13,7%) höheren Endenergieverbrauch im Sektor GHD ausgegangen. Während in der Prognose für 2000 deutlich höhere Verbrauchswerte bei Heizöl (4.975 TJ), Fernwärme (1.475 TJ), Elektroenergie (1.090 TJ) und festen Brennstoffen (925 TJ) erwartet wurden, lag der tatsächliche Verbrauch an Erdgas um rund 1.900 TJ über dem in der genannten Studie angenommenen.

Tabelle 5-2: Endenergieverbrauch im Sektor GHD in Thüringen im Jahre 2001

	<i>Ist-Verbrauch</i>		<i>temperaturbereinigter Verbrauch</i>	
	<i>TJ</i>	<i>Anteil (%)</i>	<i>TJ</i>	<i>Anteil (%)</i>
feste Brennstoffe gesamt	162	0,4	170	0,4
davon: Steinkohlenprodukte	120	0,3	126	
davon: Braunkohlenprodukte	42	0,1	45	
flüssige Brenn- und Treibstoffe gesamt	12.165	29,5	12.616	29,5
davon: Kraftstoffe gesamt	3.850	9,3	3.850	9,0
Ottokraftstoff	300	0,7	300	
Dieselmotorkraftstoff	3.550	8,6	3.550	
davon: Heizöle gesamt	7.870	19,1	8.295	19,4
Heizöl - leicht	7.861	19,0	8.285	
Heizöl - schwer	9	0,0	10	
davon: Flüssiggas	445	1,1	471	1,1
Erdgas	10.497	25,4	11.038	25,8
nachwachsende Rohstoffe	900	2,2	900	2,1
Sonstige¹⁾	45	0,11	45	0,11
Strom	13.427	32,5	13.644	31,9
Fernwärme	4.111	10,0	4.345	10,2
Endenergie gesamt	41.307	100	42.760	100

¹⁾ vorwiegend Solarenergie

Quelle: Statistisches Landesamt, Berechnungen des IE

6 Verbrauch an Endenergie in den Jahren 2000 und 2001 (ohne Sektor Verkehr)

In Zusammenfassung der vorangegangenen Darstellungen zum Energieverbrauch der Sektoren Verarbeitendes Gewerbe, private Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher (GHD) wird in den Tabellen 6-1 und 6-2 der Endenergieverbrauch der Jahre 2000 und 2001 im Freistaat Thüringen angegeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Verbrauchswerte des Jahres 2001 auf Berechnungen des Instituts für Energetik und Umwelt gGmbH basieren, weil eine offizielle Energiebilanz (herausgegeben vom Statistischen Landesamt Thüringen) mit Stand 15.11.2002 noch nicht vorlag.

Um eine Vergleichsbasis für die Projektionen (Fortschreibung der Treibhausgasstudie aus dem Jahre 1998 - Präzisierung der Prognose des Endenergiebedarfes Thüringens bis zum Jahre 2010) zu erhalten, werden die Energieverbrauchswerte sowohl als Ist-Verbrauch der betrachteten Jahre als auch als temperaturbereinigte Werte dargestellt.

Die Jahre 2000 und 2001 lagen mit ihren durchschnittlichen Monatstemperaturen in der Heizperiode über dem langjährigen Mittel, so dass die Heizgradtagzahlen beider Jahre geringer als die langjährigen Mittelwerte ausfielen.

Tabelle 6-1: Endenergieverbrauch in Thüringen im Jahre 2000 (Endenergieverbrauch insgesamt, ohne Verkehr)

	Ist-Verbrauch in TJ				temperaturbe- reinigt in TJ
	VGew	HH	GHD	gesamt	gesamt
feste Brennstoffe gesamt	4.473	1.908	151	6.532	6.888
davon:					
Steinkohlenprodukte gesamt	1.053	568	111	1.732	1.841
Rohbraunkohle	1		4	5	5
Braunkohlenbriketts	2	1.340	36	1.378	1.625
andere Braunkohlenprodukte	3.417			3.417	3.417
nachwachsende Rohstoffe	84	831	831	1.746	1.746
flüssige Brenn- und Treibstoffe	3.442	15.984	11.703	31.129	34.607
davon:					
Heizöl -leicht	1.622	14.156	7.424	23.202	26.347
Heizöl - schwer	513		10	523	525
Flüssiggas	1.307	1.828	412	3.547	3.878
Ottokraftstoff			305	305	305
Dieselmkraftstoff			3.552	3.552	3.552
Erdgas	15.167	30.186	9.720	55.073	60.615
Strom	13.599	9.908	13.178	36.685	37.301
Fernwärme	1.858	6.562	3.836	12.256	13.729
sonstige Energieträger		42	42	84	84
Endenergieverbrauch gesamt	38.623	65.420	39.462	143.505	154.970
Struktur des Endenergieverbrauches in % (temperaturbereinigt)					
feste Brennstoffe gesamt	11,6	2,9	0,4	4,6	
davon: Steinkohlenprodukte	2,7	0,9	0,3	1,2	
Braunkohlenprodukte	8,9	2,0	0,1	3,3	
nachwachsende Rohstoffe	0,2	1,3	2,1	1,2	
flüssige Brenn- und Treibstoffe	8,9	24,4	29,7	21,7	
davon: Heizöle	5,5	21,6	18,8	16,5	
Erdgas	39,3	46,1	24,6	38,4	
Strom	35,2	15,1	33,4	25,6	
Fernwärme	4,8	10,0	9,7	8,5	
sonstige Energieträger	0	0,1	0,1	0,1	
Endenergieverbrauch gesamt	100	100	100	100	

VGew = Verarbeitendes Gewerbe; HH = Haushalte; GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher

Quelle: Berechnungen des IE

Tabelle 6-2: Endenergieverbrauch in Thüringen im Jahre 2001 (Endenergieverbrauch insgesamt, ohne Verkehr)

	Ist-Verbrauch in TJ				temperaturbe- reinigt in TJ
	VGew	HH	GHD	gesamt	gesamt
feste Brennstoffe gesamt	4.267	1.177	162	5.606	5.691
davon:					
Steinkohlenprodukte gesamt	970	245	120	1.334	1.355
Rohbraunkohle	1		4	5	5
Braunkohlenbriketts	2	933	38	973	1.036
andere Braunkohlenprodukte	3.295			3.295	3.295
nachwachsende Rohstoffe	85	800	900	1.785	1.785
flüssige Brenn- und Treibstoffe	3.390	17.537	12.165	33.091	34.475
davon:					
Heizöl - leicht	1.590	15.568	7.861	25.018	26.270
Heizöl - schwer	500		9	509	510
Flüssiggas	1.300	1.969	445	3.714	3.845
Ottokraftstoff			300	300	300
Dieselmkraftstoff			3.550	3.550	3.550
Erdgas	15.266	33.326	10.497	59.089	61.337
Strom	13.966	9.806	13.427	37.200	37.441
Fernwärme	1.821	7.033	4.111	12.965	13.546
sonstige Energieträger		43	45	88	88
Endenergieverbrauch gesamt	38.795	69.722	41.306	149.824	154.363
Struktur des Endenergieverbrauches in % (temperaturbereinigt)					
feste Brennstoffe gesamt	11,0	1,7	0,4	3,7	
davon: Steinkohlenprodukte	2,5	0,4	0,3	0,9	
davon: Braunkohlenprodukte	8,5	1,3	0,1	2,9	
nachwachsende Rohstoffe	0,2	1,1	2,2	1,2	
flüssige Brenn- und Treibstoffe	8,7	25,2	29,5	22,1	
davon: Heizöle	5,4	22,3	19,1	17,0	
Erdgas	39,4	47,8	25,4	39,4	
Strom	36,0	14,1	32,5	24,8	
Fernwärme	4,7	10,1	10,0	8,7	
sonstige Energieträger	0	0,1	0,1	0,1	
Endenergieverbrauch gesamt	100	100	100	100	

VGew = Verarbeitendes Gewerbe; HH = Haushalte; GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher

Quelle: Berechnungen des IE

7 Wärme- und Stromerzeugung (Energieumwandlung)

7.1 Fernwärmeerzeugung

Die nachfolgend genannten Angaben zur Fernwärmeerzeugung basieren auf den Daten der Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringens. Die Tabelle 7.1-1 gibt eine Übersicht über Erzeugung und Verbrauch von Fernwärme in Thüringen.

Tabelle 7.1-1: Erzeugung und Verbrauch von Fernwärme in Thüringen im Jahr 2000, Angaben in TJ

Fernwärmeerzeugung in HKW und FHW	15.651
Energieträgereinsatz zur Fernwärmeerzeugung in HKW und FHW insgesamt	16.055
davon: Hartbraunkohle	19
Heizöl-leicht	399
Heizöl- schwer	165
Erdgas	14.499
nachwachsende Rohstoffe	973
Eigenverbrauch der HKW und FHW an Fernwärme	1.336
Verwendung der Fernwärme insgesamt	14.875
davon: Endenergieverbrauch	12.256
Verbrauch in der Energieumwandlung	279
Leitungsverluste	2.340
Fernwärmebezug aus anderen Bundesländern	560

Quelle: Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringen

Nach dieser Zusammenstellung liegt der Wirkungsgrad der Fernwärmeerzeugung unter Berücksichtigung des Eigenverbrauches der HKW und FHW bei 90,0%. Bezogen auf die Fernwärmebereitstellung (Netto-Erzeugung einschließlich Fernwärmebezug) betragen die Leitungsverluste 15,7%.

In den Untersuchungen aus dem Jahr 1998 /INS 98/ war von einem um 1.300 TJ höheren Fernwärmeverbrauch ausgegangen worden. Dagegen wurden die Netzverluste geringer erwartet als sie tatsächlich eingetreten sind. Da zudem nach wie vor ein Fernwärmebezug existiert, der in den Prognosen aus dem Jahre 1998 nicht enthalten war, liegt der Verbrauch an Einsatzenergie zur Fernwärmeerzeugung um 25% unter dem 1998 eingeschätzten. Dabei sind deutliche Unterschiede (niedrigere Verbrauchswerte) bei Erdgas und schwerem Heizöl aufgetreten. Dagegen ist der Zuwachs beim Einsatz regenerativer Energien zur Wärmeerzeugung wesentlich größer als 1998 erwartet.

7.2 Stromerzeugung

Der Stromverbrauch im Freistaat Thüringen im Jahre 2000 lag bei 11.264 GWh und setzt sich wie in Tabelle 7.2-1 angegeben zusammen.

Tabelle 7.2-1: Struktur des Stromverbrauches in Thüringen im Jahre 2000

Stromverbrauch	in GWh	in %
Endenergieverbrauch	10.269	91,2
Netzverluste	572	5,1
Pumpstrom	329	2,9
Eigenverbrauch in der Energieumwandlung in Thüringen	94	0,8
Stromverbrauch in Thüringen gesamt	11.264	100,0

Quelle: Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringen

Die Deckung des Stromverbrauches erfolgte durch eine Erzeugung von 3.579 GWh in Thüringen und einem Strombezug von 7.685 GWh. Tabelle 7.2-2 gibt die Deckung des Stromverbrauches wieder. Den Brennstoffeinsatz für die Stromerzeugung in Wärmekraftwerken zeigt Tabelle 7.2-3

Tabelle 7.2-2: Deckung des Stromverbrauches in Thüringen im Jahre 2000

Stromerzeugung	in GWh	Anteile in %	
Erzeugung in Thüringen insgesamt	3.579	31,8	100,0
davon in: Wärmekraftwerken	2.904		81,2
Wasserkraftanlagen	429		12,0
Wind- bzw. PV-Anlagen	245		6,8
Strombezug aus anderen Bundesländern/Ausland	7.685	68,2	
Bereitstellung von Strom in Thüringen	11.264	100,0	

Quelle: Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringen

Ein Vergleich der in der Treibhausgasstudie aus dem Jahre 1998 für das Jahr 2000 prognostizierten Werte mit den aktuellen Ist-Werten zeigt folgende Ergebnisse:

- Der Endenergieverbrauch Strom liegt um 6 bis 9% höher (570 bis 870 GWh).
- Der Bruttoverbrauch entspricht im wesentlichen dem im Jahre 1998 vorhergesagten.
- Die Stromerzeugung in Thüringen liegt um ca. 930 GWh über der erwarteten, wobei rund 750 GWh auf die Wärmekraftwerke und 200 GWh auf den Einsatz regenerativer Energien

entfallen.

- Mit der höheren Eigenerzeugung ist ein um 800 bis 1100 GWh geringerer Strombezug verbunden.

Der Energieverbrauch zur Stromerzeugung ist höher, wobei ein deutlich höherer Einsatz an regenerativen Energien aufgetreten ist.

Tabelle 7.2-3: Brennstoffeinsatz in Wärmekraftwerken Thüringens im Jahre 2000

Energieträger	in TJ	in %
Erdgas	13.513	80,1
Heizöl – leicht	114	0,7
Heizöl – schwer	6	0
Andere Mineralölprodukte	80	0,5
Dieselmkraftstoff	13	0,1
Abfälle, Klärschlamm u.ä.	1.773	10,5
Nachwachsende Rohstoffe	855	5,0
Klär gas, Biogase	521	3,1
Energieeinsatz gesamt	16.875	100,0

Quelle: Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringen

7.3 Energieverbrauch für die Energieumwandlung (Wärme- und Stromerzeugung)

Zusammenfassend wurden in Thüringen im Jahr 2000 für die Fernwärme- und Stromerzeugung die in Tabelle 7.3-1 dargestellten Energieträger eingesetzt.

Tabelle 7.3-1: Energieverbrauch für die Energieumwandlung in Thüringen im Jahre 2000

Energieträger	in TJ	in %
Braunkohle (Hartbraunkohle)	19	0,1
Heizöl- leicht	513	1,6
Heizöl- schwer	171	0,5
Dieselmkraftstoff , andere Mineralölprodukte	93	1,2
Erdgas	28.012	85,1
Erneuerbare Energien	4.122	12,5
Energieverbrauch gesamt	32.930	100,0
Energieerzeugung (Fernwärme, Strom)	26.105	

Quelle: Energiebilanz 2000 des Statistischen Landesamtes Thüringen

8 Energiebedingte Emissionen des Verarbeitenden Gewerbes

Ausgehend vom im Kapitel 3 ermittelten Endenergiebedarf ergeben sich für das Jahr 2000 die in Tabelle 8-1 angegebenen Treibhausgas-Emissionen des Verarbeitenden Gewerbes. Der Vergleich mit der letzten Erhebung /INS 98/ für 1995/96 zeigt, dass die CO₂-Äquivalent-Emissionen um 21,6% abgenommen haben.

Tabelle 8-1: Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten des Verarbeitenden Gewerbes Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96

	<i>Dimension</i>	<i>1995/96</i>	<i>2000</i>	<i>Änderung 2000/ 1995/96</i>
Endenergiebedarf Gesamt	PJ	37,9	38,6	2,0%
Elektroenergie	PJ	9,9	13,6	36,8%
Fernwärme	PJ	3,4	1,9	-45,2%
Gas	PJ	14,9	15,2	1,5%
Flüssiggas	PJ		1,3	
Heizöl	PJ	3,6	2,1	-40,8%
Heizöl leicht	PJ		1,6	
Heizöl schwer	PJ		0,5	
feste Brennstoffe	PJ	5,8	4,5	-23,5%
Braunkohle	PJ	4,4	3,4	-22,8%
Steinkohle	PJ	1,4	1,1	-25,9%
nachwachsende Rohstoffe	PJ		0,08	
Emissionen CO ₂	t/a	2.221.780	1.775.438	-20,1%
Emissionen CH ₄	t/a	19	14	-24,2%
Emissionen N ₂ O	t/a	50	37	-26,9%
Emissionen C _m H _n	t/a	98	85	-13,5%
Emissionen CO	t/a	31.417	15.660	-50,2%
Emissionen No _x	t/a	2.118	1.818	-14,2%
Emissionen CO₂-Äquivalente	t/a	2.390.288	1.872.845	-21,6%
Emissionen SO ₂	t/a	3.484	3.023	-13,2%

9 Energiebedingte Emissionen aus dem Sektor Haushalte

Ausgehend vom in Kapitel 4 ermittelten Endenergiebedarf der Haushalte ergeben sich für diesen Sektor die in Tabelle 9-1 aufgeführten Treibhausgas-Emissionen. Seit 1995/96 haben sich hier die CO₂-Äquivalent-Emissionen um 23,8% vermindert.

Tabelle 9-1: Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten der Haushalte Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96

	Dimension	1995/96	2000	Änderung 2000/ 1995/96
Endenergiebedarf Gesamt	PJ	73,15	65,42	-10,6%
Fernwärme	PJ	8,69	6,56	-24,5%
Gas	PJ	25,73	32,02	24,4%
Öl	PJ	12,25	14,16	15,5%
Strom, Solarenergie	PJ	9,87	9,95	0,8%
Festbrennstoffe	PJ	16,60	2,74	-83,5%
Emissionen CO ₂	t/a	3.771.334	3.054.869	-19,0%
Emissionen CH ₄	t/a	833	226	-72,8%
Emissionen N ₂ O	t/a	149	91	-39,2%
Emissionen C _m H _n	t/a	8.768	1.528	-82,6%
Emissionen CO	t/a	36.148	6.136	-83,0%
Emissionen NO _x	t/a	2.623	1.901,5	-27,5%
Emissionen CO₂-Äquivalente	t/a	4.142.732	3.158.074	-23,8%
Emissionen SO₂	t/a	21.027	3.620	-82,8%

10 Energiebedingte Emissionen aus dem Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Ausgehend vom in Kapitel 5 für den Sektor Kleinverbraucher (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) ermittelten Energiebedarf ergeben sich die in Tabelle 10-1 angegebenen Werte für die Treibhausgas-Emissionen. Die CO₂-Äquivalent-Emission sank seit 1995/96 um 30,8%.

Tabelle 10-1: Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96

	Dimension	1995/96	2000	Änderung 2000/ 1995/96
Endenergiebedarf Gesamt	PJ	45,2	39,5	-12,8%
Kraftstoffe	PJ	4,0	3,9	-3,5%
VK	PJ	0,2	0,3	42,2%
DK	PJ	3,8	3,6	-6,1%
Elektroenergie	PJ	12,3	13,2	7,7%
Fernwärme	PJ	5,8	3,8	-33,7%
Erdgas	PJ	5,6	9,7	73,3%
Flüssiggas	PJ	1,1	0,4	-62,4%
Heizöl	PJ	11,0	7,4	-32,2%
feste Brennstoffe	PJ	5,5	0,15	-97,3%
BB	PJ	4,8	0,04	-99,2%
SK	PJ	0,7	0,11	-85,0%
Sonstige 1)	PJ		0,04	
nachwachsende Rohstoffe	PJ		0,83	
Emissionen CO ₂	t/a	1.671.468	1.180.003	-29,4%
Emissionen CH ₄	t/a	113	33	-70,8%
Emissionen N ₂ O	t/a	84	44	-47,3%
Emissionen C _m H _n	t/a	1.032	122	-88,2%
Emissionen CO	t/a	4.182	425	-89,8%
Emissionen NO _x	t/a	1.502	1.038	-30,9%
Emissionen CO₂-Äquivalente	t/a	1.750.024	1.210.347	-30,8%
Emissionen SO₂	t/a	7.198	705	-90,2%

¹⁾ vorwiegend Solarenergie

11 Energiebedingte Emissionen durch Wärme- und Stromerzeugung

Auf der Basis der in Kapitel 7 ermittelten Energiewerte ergeben sich für den Sektor Wärme- und Stromerzeugung die in Tabelle 11-1 enthaltenen Treibhausgas-Emissionen, die im Vergleich zu 1995/96 um 12,6% abgenommen haben.

Tabelle 11-1: Energiebedarf und THG-Emissionsraten durch Wärme- und Stromerzeugung in Thüringen für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96

	Dimension	1995/96	2000	Änderung 2000/ 1995/96
Energiebedarf Gesamt	PJ	31,0	32,9	6,2%
Gas	PJ	16,4	28,0	71,1%
Mineralöle	PJ	6,4	0,8	-87,8%
feste Brennstoffe	PJ	7,2	0,02	-99,7%
RBK	PJ	6,4	0,02	-99,7%
BB	PJ	0,3	0,00	-100,0%
SK	PJ	0,5	0,00	-100,0%
nachwachsende Rohstoffe	PJ	1,1	4,1	284,3%
Emissionen CO ₂	t/a	2.146.465	1.912.270	-10,9%
Emissionen CH ₄	t/a	66	26	-61,3%
Emissionen N ₂ O	t/a	71	30	-57,7%
Emissionen C _m H _n	t/a	638	81	-87,2%
Emissionen CO	t/a	1.492	386	-74,1%
Emissionen No _x	t/a	2.992	1.454	-51,4%
Emissionen CO₂-Äquivalente	t/a	2.221.402	1.942.375	-12,6%
Emissionen SO₂	t/a	21.186	691	-96,7%

12 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor Industrie

In den folgenden Betrachtungen zur Entwicklung des Endenergiebedarfes in Thüringen im Zeitraum bis 2010 wird von der bisherigen Entwicklung des Endenergieverbrauches bis zum Jahre 2000/2001 ausgegangen.

Der Sektor Verarbeitendes Gewerbe, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau (in Kurzform als „Industrie“ bezeichnet) ist ein grundlegender Teil der Wirtschaft, auf dem die Industriegesellschaft aufbaut. Ohne ausreichende industrielle Basis und deren Entwicklung ist auch keine prosperierende Wirtschaftsentwicklung möglich. Der Zustand des Verarbeitenden Gewerbes ist somit ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der langfristigen wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten einer Region.

Wesentliche Indikatoren für die Prognose der Entwicklung des Endenergiebedarfes im Sektor Industrie sind die künftige Entwicklung der Bruttowertschöpfung (BWS) sowie deren Energieintensität (Brennstoffintensität, Stromintensität in MJ/€ bzw. kWh/k€).

Im Zeitraum 1991 bis 1995 stieg die BWS in Thüringen im Durchschnitt pro Jahr um 17,9% an (Preisbasis 1995). Diese hohen Zuwachsraten resultieren in erster Linie aus den industriellen Veränderungen in den ersten Jahren nach der „politischen Wende“. In den Folgejahren traten dann deutlich geringere Zuwachsraten in der BWS auf. So lag die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate der BWS in Thüringen im Zeitraum 1995 bis 2000 bei 9,2% und zwischen 2000 und 2001 bei 3,8%.

Für den Zeitraum bis zum Jahre 2010 wird unterstellt, dass im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens überdurchschnittliche Produktionserweiterungen nicht eintreten (keine gravierenden Produktionsneuansiedlungen). Unter Berücksichtigung der aktuellen wirtschaftlichen Entwicklung (Zeitraum 2001 bis 2003) wird deshalb von folgenden durchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten der BWS im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens ausgegangen:

2000/2005:	4,1%/a,
2005/2010:	4,5%/a.

In einem weniger optimistischen Szenario wird eine geringere durchschnittliche jährliche Zuwachsrate für die BWS unterstellt:

2000/2005: 2,5%/a,
2005/2010: 3,0%/a.

Im Zusammenhang mit der umfassenden Modernisierung bzw. der Neuansiedlung von Produktionsstätten sind im Zeitraum 1991 bis 2000 auch die Energieintensitäten deutlich gesunken, wobei die entscheidenden Senkungsraten im Zeitraum 1991 bis 1994 eintraten. Im Jahre 2000 lag die Energieintensität im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens auf dem Niveau des Produzierenden Gewerbes von Deutschland insgesamt. Tabelle 12-1 zeigt überblicksartig eine Gegenüberstellung der entsprechenden Werte für Thüringen und die Bundesrepublik Deutschland insgesamt. Bei der Wertung der Kenngrößen, insbesondere der Brennstoff- und Stromintensität, ist die unterschiedliche Zusammensetzung der BWS zwischen einem Bundesland und der Bundesrepublik insgesamt zu berücksichtigen.

Tabelle 12-1: Energieintensitäten im Verarbeitenden Gewerbe im Jahre 2000 (Übersicht)

	<i>Freistaat Thüringen</i>	<i>Bundesrepublik Deutschland</i>
Energieintensität ges. (MJ/€)	5,94	5,95
Brennstoffintensität (MJ/€)	3,85	4,10
Stromintensität (kWh/k€)	581	515

Quelle. Statistisches Landesamt, Statistisches Bundesamt, Berechnungen IE

Die künftig erreichbaren Senkungsraten der Energieintensität werden wesentlich vom Tempo der wirtschaftlichen Entwicklung beeinflusst. Hält das gegenwärtig geringe Wirtschaftswachstum länger an, sind strukturelle Verbesserungen nur sehr zögerlich zu erwarten, so dass auch die Senkungsraten der Energieintensität nur gering ausfallen.

In Tabelle 12-2 ist die Entwicklung der BWS im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens, die den diskutierten Wachstumsraten der BWS entspricht, dargestellt. Außerdem enthält diese Tabelle Annahmen zur Entwicklung der Energieintensitäten für eben diese Wirtschaftsentwicklung.

Unter Verwendung der in Tabelle 12-2 abgeleiteten Ansätze zur Entwicklung der Bruttowertschöpfung und der Energie-, Strom- und Brennstoffintensität im Verarbeitenden Gewerbe für den Freistaat Thüringen ergibt sich der in Tabelle 12-3 dargestellte Endenergiebedarf an Strom und Brennstoffen.

In der Struktur des Endenergiebedarfes werden gegenüber dem Verbrauch des Jahres 2000 keine gravierenden Veränderungen erwartet, auch wenn der Anteil des Erdgases am Endenergiebedarf noch zunehmen und der der festen Brennstoffe abnehmen wird. Danach ergibt sich für den in Tabelle 12-3 angegebenen Endenergiebedarf die in Tabelle 12-4 angegebene Aufteilung auf die Energieträger.

Tabelle 12-2: Ansätze zur Entwicklung der Energieintensität im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens in Abhängigkeit von der Wirtschaftlichkeitsentwicklung

		1995	2000	2005	2010
				<i>optimistisches Szenario</i>	
BWS VGew	Mill. €	4.186	6.498	7.934	9.887
Energieintensität gesamt	MJ/€	9,05	5,94	5,32	5,01
Stromintensität	kWh/k€	660	581	539	507
Brennstoffintensität	MJ/€	6,67	3,85	3,38	3,18
				<i>weniger optimistisches Szenario</i>	
BWS VGew	Mill. €			7.352	8.523
Energieintensität gesamt	MJ/€			5,43	5,16
Stromintensität	kWh/k€			547	526
Brennstoffintensität	MJ/€			3,46	3,27

Quelle: Berechnungen IE; Preise: Preisbasis 1995

Tabelle 12-3: Entwicklung der Endenergie im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens

		1995	2000	2005	2010
		<i>optimistisches Szenario der wirtschaftlichen Entwicklung</i>			
Strom	GWh	2.762	3.778	4.275	5.015
Brennstoffe	TJ	27.918	25.022	26.805	31.440
Endenergie gesamt	TJ	37.868	38.621	42.200	49.500
		<i>weniger optimistisches Szenario der wirtschaftlichen Entwicklung</i>			
Strom	GWh			4.020	4.480
Brennstoffe	TJ			25.420	27.860
Endenergie gesamt	TJ			39.900	43.990

Quelle: Berechnungen IE

Tabelle 12-4: Endenergiebedarf im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen, in TJ

		<i>optimistisches Szenario</i>		<i>Weniger opt. Szenario</i>	
	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Elektroenergie	13.599	15.396	18.063	14.480	16.130
Fernwärme	1.858	1.770	1.677	1.646	1.480
Heizöl - leicht	1.622	1.570	1.550	1.450	1.330
Heizöl - schwer	513	500	500	500	500
Flüssiggas	1.307	1.250	1.200	1.250	1.200
flüssige Brennstoffe gesamt	3.442	3.320	3.250	3.200	3.030
Erdgas	15.166	18.614	24.525	17.824	21.760
Steinkohlenprodukte	1.053	950	855	875	750
Braunkohlenprodukte	3.420	2.050	1.025	1.775	735
feste Brennstoffe gesamt	4.473	3.000	1.880	2.650	1.485
nachwachsende Rohstoffe	85	100	105	100	105
Endenergie gesamt	38.624	42.200	49.500	39.900	43.990

Quelle: Berechnungen IE

13 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor private Haushalte

Der Endenergiebedarf in Sektor private Haushalte setzt sich zusammen aus dem Energiebedarf für die

- Raumheizung,
- Warmwasserbereitung,
- Nahrungszubereitung,
- Beleuchtung und Nutzung energetisch betriebener Haushaltgeräte einschließlich Geräten zur Freizeitgestaltung.

Grundlage für die Ableitung des Endenergiebedarfes ist der Bestand an **energieverbrauchs-wirksamen Wohnungseinheiten (WE)**.

Unter diesem Wohnungsbestand werden die Wohnungen verstanden, die ausschließlich zu Wohnzwecken genutzt werden, d.h. Wohnungsbestand insgesamt abzüglich der

- leerstehenden und
- nicht zu Wohnzwecken genutzten WE.

Maßgeblich für die Ableitung des Bestandes an energieverbrauchswirksamen WE im Zeitraum bis zum Jahre 2010 ist die Entwicklung der Einwohnerzahl und die der durchschnittlichen Belegung einer WE (Einwohner je WE, EW/WE).

13.1 Entwicklung der Wohnbevölkerung und des Wohnungsbestandes

Außer dem WE-Bestand beeinflussen noch die Beschaffenheit der Wohngebäude (Wärmedämmung), die Ausstattungsraten der WE mit energieverbrauchenden Geräten und das Verbraucherverhalten der Einwohner den Endenergiebedarf im Betrachtungszeitraum

Die Entwicklung der Wohnbevölkerung und ihrer Altersstruktur beeinflusst über den daraus abgeleiteten erforderlichen Bestand an Wohnungen wesentlich die Höhe und Struktur des Endenergiebedarfes.

Nach vorliegenden Berechnungen des Statistischen Landesamtes Thüringen wird von folgender Entwicklung der Einwohnerzahl Thüringens ausgegangen (Tabelle 13.1-1).

Tabelle 13.1-1: Entwicklung der Einwohnerzahl Thüringens 1995 bis 2010

	<i>Einwohnerzahl im Jahre</i>				<i>Entwicklung im Zeitraum</i>	
	<i>1995</i>	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>	<i>2010 zu 1995</i>	<i>2010 zu 2000</i>
Kreisfreie Städte	596.774	568.184	528.670	500.900	- 95.875	- 67.285
Landkreise	1.907.011	1.863.071	1.835.130	1.810.600	- 96.410	- 52.470
Gesamt	2.503.785	2.431.255	2.363.800	2.311.500	- 192.285	- 119.755

Quelle: Statistisches Landesamt Thüringen

Neben dem anhaltenden Rückgang in der Einwohnerzahl ist die Bevölkerungsentwicklung durch Veränderungen in der Altersstruktur gekennzeichnet. So steigt der Anteil der Einwohner im Alter über 65 Jahren von 16,9% im Jahre 2000 auf 20,9% im Jahre 2010 (zum Vergleich: im Jahre 1995 betrug dieser Anteil 15,0%). Demgegenüber fällt der Anteil der Bewohner im Alter 18 bis 45 Jahre von 38,5% (2000) auf 34,8% (2010). Diese Entwicklung bedeutet, dass trotz des Rückganges der Einwohnerzahl insgesamt im Alterssegment über 65 Jahren ein Anstieg der Einwohnerzahl stattfindet. Tabelle 13.1-2 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Struktur der Einwohner Thüringens, wobei eine solche Einteilung gewählt wird, die für die durchschnittliche Belegung einer Wohnung und folglich für den WE-Bestand insgesamt von Bedeutung ist.

Tabelle 13.1-2: Altersstruktur der Bevölkerung Thüringens, Angaben in %

	1995	2000	2005	2010
0 bis 18 Jahre	20,5	17,1	14,4	13,8
18 bis 45 Jahre	39,1	38,5	37,7	34,8
45 bis 65 Jahre	25,4	27,5	28,1	30,5
älter als 65 Jahre	15,0	16,9	19,8	20,9

Quelle: Statistisches Landesamt, Berechnungen IE

Auf der Grundlage der dargestellten Altersstruktur der Bevölkerung wird die durchschnittliche Belegung einer WE in Thüringen im Zeitraum bis 2010 in folgender Weise eingeschätzt:

Tabelle 13.1-3: Durchschnittliche Belegung einer WE in Thüringen, in Einwohner je WE

	1995	2000	2005	2010
kreisfreie Städte	2,13	2,11	2,05	2,01
Landkreise	2,44	2,43	2,39	2,34
Gesamt	2,36	2,34	2,30	2,26

Quelle: Einschätzungen IE

Auf der Grundlage der vom Statistischen Landesamt unterstellten Bevölkerungsentwicklung (Tabelle 13.1-1) und der eingeschätzten Kenngrößen für die durchschnittliche Belegung einer WE (Tabelle 13.1-3) ergibt sich der erforderliche Bestand an energieverbrauchswirksamen WE bis 2010 (Tabelle 13.1-4).

In der Struktur des WE-Bestandes nach den Gebäudetypen Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) bzw. Mehrfamilienhäuser (MFH) wird vom entsprechenden Bestand im Jahre 2000 ausgegangen, wie er durch das Institut für Energetik und Umwelt gGmbH im Rahmen einer langfristigen Zeitreihenuntersuchung abgeleitet wurde.

Bei der Einschätzung des künftigen Bestandes an WE in EZFH bzw. in MFH wird eine im Vergleich zur Entwicklung bis zum Jahre 2000 deutlich geringere Neubautätigkeit unterstellt. Es wird angenommen, dass der Umfang an Neubauten bezogen auf das Niveau der Neubautätigkeit im Zeitraum 1995 bis 2000 im Zeitraum 2000/2005 auf 45 bis 50% und im Zeitraum 2005/2010 auf 30 bis 35% absinkt. Bei MFH liegen die entsprechenden Annahmen bei 15% (2000/2005) bzw. 10% (2005/2010).

Tabelle 13.1-4: Entwicklung des Bestandes an energieverbrauchswirksamen WE in Thüringen, Angaben in 10³ WE

<i>Eckjahr</i>	<i>WE gesamt</i>	<i>WE in EZFH</i>	<i>WE in MFH</i>
1995	1060,42	479,62	580,80
2000	1036,80	501,70	535,10
2005	1026,63	514,60	512,03
2010	1023,18	521,80	501,38
<i>davon Bestandsentwicklung in kreisfreien Städten</i>			
	<i>WE gesamt</i>	<i>WE in EZFH</i>	<i>WE in MFH</i>
1995	279,69	46,61	233,08
2000	268,77	51,81	216,96
2005	257,51	54,70	202,81
2010	249,41	56,70	192,71
<i>davon Bestandsentwicklung in Landkreisen</i>			
	<i>WE gesamt</i>	<i>WE in EZFH</i>	<i>WE in MFH</i>
1995	780,73	433,01	347,72
2000	768,03	449,89	318,14
2005	769,12	459,90	309,22
2010	773,77	465,10	308,67

Quelle: Berechnungen IE

Nach dieser Entwicklung steigt der Anteil von WE in EZFH am Gesamtbestand an WE in Thüringen von 45,2% im Jahre 1995 auf 51,0% im Jahre 2010. Der abgeleitete Ansatz zum Bestand an energieverbrauchswirksamen WE bildet die Grundlage für die Ermittlung des Endenergiebedarfes im Sektor private Haushalte.

13.2 Entwicklung des Endenergiebedarfes

13.2.1 Endenergiebedarf für die Raumheizung

Mit einem Anteil von rund 75% dominiert die Raumheizung den Endenergieverbrauch einer Wohnungseinheit. Entscheidend für die Höhe und Struktur des Endenergiebedarfes für die Raumheizung sind die Struktur der Heizungssysteme und der spezifische Bedarf einer Wohnung in Abhängigkeit vom Niveau der Wärmedämmung der Wohngebäude und des Verbraucherverhaltens (Raumtemperaturen). Ausgangspunkt für die Ableitung der Struktur der Heizungssysteme im Zeitraum bis 2010 ist die Struktur des WE-Bestandes nach Heizungssysteme-

men im Jahre 2000.

Für die Entwicklung im Zeitraum bis 2010 wird angenommen, dass im Zusammenhang mit dem Programm „Stadtumbau Ost“ der Bundesregierung der Anteil der **WE mit Fernwärmeversorgung** am Bestand an energieverbrauchswirksamen WE leicht rückläufig sein wird. Dies ist insbesondere durch einen gezielten Rückbau (Abriss) an Wohngebäuden in Satellitenstädten bzw. Großsiedlungen mit ausschließlicher Fernwärmeversorgung bedingt.

Im Bestand an **WE mit Gasheizung** (Gas-Einzelheizung, Nahwärmeversorgung mit Erdgas-einsatz) wird noch ein Zuwachs erwartet, der aus einer weitgehenden Ausstattung der Neubauten, vor allem EZFH, mit einer Gasheizung resultiert. Darüber hinaus wird, wenn auch deutlich geringer als im Zeitraum bis zum Jahre 2000, die Ablösung der Kohleeinzelheizung fortgesetzt, wobei überwiegend auf eine Gasheizung umgerüstet werden wird. Nach den berechneten Ansätzen wird die Gasheizung in Thüringen im Jahre 2010 einen Anteil von 57 bis 58% erreichen, nicht eingerechnet die Fernwärmeversorgung unter Einsatz von Erdgas zur Fernwärmeerzeugung.

Geringfügige Zuwächse sind auch im Bestand an **WE mit Ölheizung** möglich, insbesondere an ländlichen Standorten, die für eine Erschließung mit einer Gasversorgung wenig wirtschaftlich sind.

Im Bestand an **WE mit elektrischer Heizung** wird insgesamt mit einem leichten Rückgang gerechnet, wobei im Bestand an WE in EZFH ein geringer Anstieg möglich ist, hervorgerufen durch den Neubau an kleinen Standorten, an denen die Errichtung einer Gasversorgung unwirtschaftlich ist.

Der Bestand an **WE mit Festbrennstoffheizung** (Festbrennstoffheizung als Primärheizung) wird weiter rückläufig sein und im Jahre 2010 nur noch eine marginale Bedeutung haben. Ein vollkommener Wegfall dieser Heizungssysteme wird – auch aus sozialen Gründen – nicht erwartet.

Tabelle 13.2.1-1 gibt einen Überblick über die angenommene Struktur der Heizungssysteme für den Bestand an energieverbrauchswirksamen WE in Thüringen im Zeitraum bis 2010.

Tabelle 13.2.1-1: Struktur des Wohnungsbestandes in Thüringen nach Heizungssystemen, Angaben in 10³ WE

Wohnungsbestand nach Heizungssystem in Thüringen insgesamt									
	2000			2005			2010		
WE mit	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
Fernwärme	0,47	210,21	210,68	0,61	200,22	200,83	0,66	192,65	193,31
Gasheizung	319,22	227,93	547,15	334,41	240,61	575,02	343,63	244,35	587,98
Ölheizung	175,42	44,27	219,69	177,28	49,62	226,90	175,30	51,34	226,64
Stromhgz.	0,84	13,29	14,13	1,48	8,52	10,00	2,02	7,90	9,92
Kohlehzg.	5,75	39,42	45,17	0,81	13,06	13,87	0,18	5,14	5,32
gesamt	501,70	535,12	1036,82	514,59	512,03	1026,62	521,79	501,38	1023,17

Quelle: Berechnungen IE

Durch den Wohnungsneubau und durch Maßnahmen im Rahmen des „Stadtumbaus Ost“ (z.B. Zusammenlegung von Wohnungen) wird sich die durchschnittliche Wohnungsfläche je WE erhöhen. Unter Verwendung von Daten des Statistischen Landesamtes sowie Annahmen zum Wohnungsneubau ergeben sich die in Tabelle 13.2.1-2 angegebenen durchschnittlichen Wohnungsgrößen.

Tabelle 13.2.1-2: Durchschnittliche Wohnfläche je WE, Angaben in m²/WE

	2000	2005	2010
WE in EZFH	92,7	94,1	95,3
WE in MFH	60,2	63,8	65,8
WE gesamt	75,0	79,0	80,9

Quelle: Statistisches Landesamt Thüringen, Berechnungen IE

Unter Bezugnahme auf die gewählten Ansätze zur durchschnittlichen Belegung einer WE (Tabelle 13.1-3) bedeutet diese Entwicklung, dass die Wohnfläche pro Person im Betrachtungszeitraum um rund 11% ansteigt, von 32,1 m²/Person (im Jahre 2000) auf 34,3 m²/Person (2005) bzw. 35,8 m²/Person (2010).

Die Höhe des Energiebedarfes für die Raumheizung ist weiterhin abhängig vom Niveau der Wärmedämmung der Wohngebäude. Nach Angaben der Wohnungswirtschaft waren im Jahre 2000 ca. 65% der Mehrfamilien-Wohngebäude saniert, wobei die Möglichkeiten einer nachträglichen, technisch realisierbaren Wärmedämmung nicht im vollen Umfang ausgeschöpft

wurden. Begründet ist dieser Umstand durch den hohen Leerstand an Wohnungen. Kosten für eine umfassende Wärmedämmung im Mietwohnungsbau, die mietkostenwirksam sind, können in der Regel nicht durch niedrigere Heizkosten kompensiert werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die energetische Sanierung von bestehenden Wohngebäuden auch künftig betrieben wird, wenngleich mit einem deutlich geringeren Zuwachs als im Zeitraum 1995/2000. Entscheidende Veränderungen im Verbraucherverhalten (Absenkung der Raumtemperaturen) werden in der Zukunft nicht mehr erwartet.

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen werden für die Berechnung des Endenergiebedarfes für die Raumheizung die folgenden spezifischen Kenngrößen verwendet:

Tabelle 13.2.1-3: Spezifische Kenngrößen für den Raumheizbedarf, Angaben in kWh/(m²*a)

	<i>Neubauten im Zeitraum</i>	
	<i>2000 bis 2005</i>	<i>2005 bis 2010</i>
WE in EZFH	90 bis 95	88 bis 93
WE in MFH	48 bis 50	47 bis 48
	<i>WE in bestehenden Wohngebäuden</i>	
	<i>sanierte Gebäude</i>	<i>unsanierte Gebäude</i>
WE in EZFH	170 bis 175	245 bis 275
WE in MFH	120 bis 125	170 bis 190

Quelle: Berechnungen des IE

Tabelle 13.2.1-4: Endenergiebedarf für die Raumheizung in Thüringen, Angaben in TJ

	<i>2000</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Elektroenergie	533	348	328
Fernwärme	6.203	6.080	5.774
Heizöl-leicht	14.524	15.415	14.608
Flüssiggas	1.879	1.785	1.696
Erdgas	29.691	31.587	31.093
Steinkohlenprodukte	662	155	23
Braunkohlenprodukte	1.527	320	135
Festbrennstoffe gesamt	2.189	475	158
Solarenergie	1	4	17
nachwachsende Rohstoffe	175	144	72
Endenergie gesamt	55.194	55.836	53.746

Quelle: Berechnungen IE

Auf der Grundlage der Daten der Tabellen 13.2.1-1, 13.2.1-2 und 13.2.1-3 ergibt sich der Endenergiebedarf für die Raumheizung im Sektor private Haushalte in Thüringen für die Jahre 2005 und 2010 (Tabelle 13.2.1-4).

13.2.2 Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung

Indikatoren für die Bestimmung des Endenergiebedarfes für die Warmwasserbereitung sind

- die Ausstattung der WE mit Bad und/oder Dusche,
- der durchschnittliche Warmwasserverbrauch pro Person und Tag und
- die Struktur der Warmwasserbereitung.

Bei der Ausstattung der WE mit Bad und/oder Dusche wird von den Raten der Tabelle 13.2.2-1 ausgegangen.

Tabelle 13.2.2-1: Ausstattungsdaten der WE mit Bad/Dusche in Thüringen, Angaben in % des WE-Bestandes

	2000			2005			2010		
	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
Städte	100	98,8	99,0	100	99,0	99,2	100	99,5	99,6
Landkr.	100	97,5	99,0	100	98,5	99,4	100	99,0	99,6
gesamt	100	98,0	99,0	100	98,7	99,4	100	99,2	99,6

Der durchschnittliche Warmwasserbedarf pro Person und Tag wird mit 42 Liter angenommen, wobei als Temperaturdifferenz zwischen Kalt- und Gebrauchswarmwasser 35 K gelten. Als Anzahl der Nutzungstage pro Jahr werden 345 Tage gewählt. Diese Berechnungsgrößen sollen unverändert für jedes Eckjahr des Betrachtungszeitraumes gelten.

Die Struktur der Warmwasserbereitung folgt weitestgehend der Struktur der Raumheizung. Geringfügige Ausnahmen sind durch den Einsatz von Elektrogeräten (Elektroboiler, elektrische Durchlauferhitzer) bei WE mit Fernwärmeversorgung und bei WE mit Gas- bzw. Ölheizung möglich.

Unter Berücksichtigung dieser Ansätze ergibt sich der in Tabelle 13.2.2-2 dargestellte Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung.

Tabelle 13.2.2-2: Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung, Angaben in TJ

	2000	2005	2010
Elektroenergie	241	238	220
Fernwärme	1.234	1.153	1.085
Heizöl-leicht	1.680	1.677	1.638
Erdgas	4.154	4.190	4.171
Braunkohlenprodukte	52	5	1
Solarenergie	42	46	58
nachwachsende Rohstoffe	22	2	1
Endenergie gesamt	7.425	7.311	7.174

Quelle: Berechnungen IE

13.2.3 Endenergiebedarf für sonstige Energieanwendungsprozesse in den privaten Haushalten

Zu diesen Prozessen gehören die Nahrungszubereitung, die Nutzung energieverbrauchender Haushaltgeräte und Geräte der Freizeitgestaltung sowie die Beleuchtung.

Bei der **Nahrungszubereitung** wird von einer weiteren Zunahme des Einsatzes von Elektroherden ausgegangen (in % des WE-Bestandes):

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
kreisfreie Städte	84,0	88,4	92,4
Landkreise	71,8	77,2	82,7
Gesamt	75,0	80,0	85,0

Die Differenz zu 100% entfällt auf Gasherde.

Der spezifische Endenergiebedarf je WE ist abhängig von der Effektivität der Geräte und dem Verbraucherverhalten (Umfang der häuslichen Nahrungszubereitung).

Unterstellt werden folgende spezifischen Kenngrößen, in kWh/(WE*a):

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Elektroherde	505	490	460
Gasherde	666	662	660

Unter Verwendung dieser Ansätze ergibt sich folgender Endenergiebedarf für die Nahrungszubereitung (Tabelle 13.2.3-1).

Tabelle 13.2.3-1: Endenergiebedarf für die Nahrungszubereitung, Angaben in TJ

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
Elektroenergie	1.414	1.449	1.441
Erdgas	527	457	364
Flüssiggas	93	33	
gesamt	2.034	1.939	1.805

Quelle: Berechnungen IE

Bei der Nutzung elektrischer Haushaltsgeräte wird keine wesentliche Erweiterung der Geräteausstattung der Haushalte erwartet. Vielmehr wird im Betrachtungszeitraum ein Geräteaus-tausch stattfinden, d.h. die in den 90er Jahren angeschafften Geräte werden durch neue, in der Regel mit besseren energetischen Kenngrößen versehene, ersetzt. Dadurch wird ein eventuell höherer Strombedarf infolge einer Erhöhung der Geräteausstattung (insbesondere Geräte der Kommunikationstechnik) mindestens kompensiert. In der Regel wird jedoch eine leichte Senkung des spezifischen Bedarfes je WE erwartet, in kWh/(WE*a):

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
WE in EZFH	2.426	2.409	2.400
WE in MFH	1.367	1.335	1.298

(In diesen Werten ist nicht der Strombedarf für Elektroherde enthalten.)

Der Strombedarf für die Beleuchtung errechnet sich aus einem spezifischen Wert in kWh/(m²*a) und der durchschnittlichen Wohnfläche je WE. Erwartet wird ein leichter Rückgang im spezifischen Bedarf als Folge eines sparsameren Verbraucherverhaltens (darunter auch des verstärkten Einsatzes von Energiesparlampen):

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
kWh/(m ² *a)	2,75	2,61	2,45

Unter Berücksichtigung der Ansätze zum WE-Bestand ergibt sich danach ein Strombedarf für die Nutzung elektrischer Haushaltgeräte und für die Beleuchtung von (in TJ):

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
kreisfreie Städte	1.697	1.622	1.558
Landkreise	6.097	6.065	6.033
gesamt	7.795	7.687	7.590

13.2.4 Endenergiebedarf insgesamt im Sektor private Haushalte

Entsprechend den Abschnitten 13.2.1 bis 13.2.3 ergibt sich der in Tabelle 13.2.4-1 dargestellte Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte Thüringens bis zum Jahre 2010.

Tabelle 13.2.4-1: Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte in Thüringen, Angaben in TJ

	Raum- heizung	Warmwasser- bereitung	Nahrungs- zubereitung	Sonstige Pro- zesse	gesamt
2000					
Elektroenergie	533	241	1.414	7.795	9.983
Fernwärme	6.203	1.234			7.436
Heizöl-leicht	14.524	1.680			16.204
Flüssiggas	1.879		93	121	2.093
Erdgas	29.691	4.154	527		34.372
Steinkohlenprodukte	662				662
Braunkohlenprodukte	1.527	52			1.580
Solarenergie	1	42			42
nachwachsende Rohstoffe	175	22		633	831
Endenergie gesamt	55.194	7.425	2.034	8.549	73.202
2005					
Elektroenergie	348	238	1.449	7.687	9.722
Fernwärme	6.080	1.153			7.232
Heizöl-leicht	15.415	1.677			17.092
Flüssiggas	1.785		33	112	1.929
Erdgas	31.587	4.190	457		36.234
Steinkohlenprodukte	155				155
Braunkohlenprodukte	320	4			323
Solarenergie	4	46			50
nachwachsende Rohstoffe	144	4		633	781
Endenergie gesamt	55.836	7.311	1.939	8.431	73.517
2010					
Elektroenergie	328	220	1.441	7.590	9.579
Fernwärme	5.774	1.085			6.859
Heizöl-leicht	14.608	1.638			16.246
Flüssiggas	1.696			104	1.799
Erdgas	31.093	4.171	364		35.627
Steinkohlenprodukte	23				23
	Raum- heizung	Warm- wasser- bereitung	Nahrungs- zubereitung	Sonstige Pro- zesse	gesamt
Braunkohlenprodukte	135				135
Solarenergie	17	58			75
nachwachsende Rohstoffe	72	4		633	709
Endenergie gesamt	53.746	7.174	1.805	8.327	71.051

Quelle: Berechnungen IE

Hervorstechend in der Energieträgerstruktur dieses Energiebedarfes ist die weitere Zunahme des Anteils von Erdgas auf rund 50% im Jahre 2010 (ohne Erdgas für die Fernwärmeerzeugung). Tabelle 13.2.4-2 gibt einen Überblick über die Struktur des Endenergiebedarfes nach Energieträgern.

Insgesamt nimmt der Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte im Jahre 2010 gegenüber dem des Jahres 2000 um 2.150 TJ bzw. um 3% ab.

Bei einer Wertung ist die Entwicklung der entscheidenden Indikatoren für die Bedarfsentwicklung zu berücksichtigen. Während im Betrachtungszeitraum der Bestand an energieverbrauchswirksamen WE insgesamt um 13.600 WE abnimmt, steigt der Bestand an WE in EZFH um 20.100 WE. Dagegen sinkt der Bestand an WE in MFH um 33.700 WE. Die (zu beheizende) Wohnfläche in EZFH ist jedoch um 45 bis 47% größer als die in MFH, was zwangsläufig einen höheren Energiebedarf erfordert. Tabelle 13.2.4-3 charakterisiert zusammenfassend diese Entwicklung im WE-Bestand.

Tabelle 13.2.4-2: Struktur des Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte, Angaben in %

	2000	2005	2010
Elektroenergie	13,6	13,2	13,5
Fernwärme	10,2	9,8	9,7
Heizöl-leicht	22,1	23,2	22,9
Flüssiggas	2,8	2,6	2,5
Erdgas	47,0	49,3	50,1
Festbrennstoffe ¹⁾	3,1	0,7	0,2
erneuerbare Energien ²⁾	1,2	1,2	1,1

1) ohne Holz; 2) incl. Holz

Tabelle 13.2.4-3: Entwicklung im Bestand energieverbrauchswirksamer WE in Thüringen

	Entwicklung WE-Bestand, in 10 ³ WE			Entwicklung Wohnfläche, m ² /WE		
	EZFH	MFH	gesamt	EZFH	MFH	gesamt
2005/2000	+ 12,90	- 23,07	- 10,17	+ 1,4	+ 3,6	+ 4,0
2010/2005	+ 7,20	- 10,65	- 3,45	+ 1,2	+ 2,0	+ 1,9
2010/2000	+ 20,10	- 33,72	- 13,62	+ 2,6	+ 5,6	+ 5,9

Quelle: Berechnungen IE

14 Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (GHD)

In der vorliegenden Analyse des Endenergieverbrauches im Sektor GHD für das Jahr 2000 wurde bereits auf die heterogene Zusammensetzung des Sektors GHD aufmerksam gemacht, die sowohl den Nachweis des Energieverbrauches in der Abrechnungsperiode als auch die Energiebedarfsprognose erschwert.

Eindeutig definierte Bezugsgrößen wie im Sektor private Haushalte, die zudem mit nachvollziehbaren spezifischen Kenngrößen belegt werden können, existieren für diesen Sektor nicht bzw. nur sehr eingeschränkt.

Im Zwischenbericht wurde als eine Bezugsgröße für die Bewertung des Endenergiebedarfes im Sektor GHD insgesamt die Einwohnerzahl des Landes angenommen. Diese Bezugsgröße besitzt eine gewisse Plausibilität, weil der Energiebedarf dieses Sektors durch Leistungen entsteht, die – von geringfügigen Ausnahmen abgesehen – unmittelbar für die im betrachteten Bundesland beheimateten Einwohner erbracht werden. Deshalb ist die Maßzahl „Energiebedarf/Einwohner (EW)“, dargestellt z.B. in MJ/EW, als Bewertungsgröße durchaus verwendbar. Das gilt auch in bezug auf den Vergleich des Endenergieverbrauchs/-bedarfs im Sektor GHD mit anderen Regionen (Bundesländer).

Für das Abrechnungsjahr 2000 wurde im Zwischenbericht /INS 02/ ein temperaturbereinigter Endenergieverbrauch des Sektors GHD für den Freistaat Thüringens von 17,7 MJ/EW bzw. 4925 kWh/EW ausgewiesen. Die PROGNOSE AG, Basel, wies für das Jahr 1997 für die Bundesrepublik Deutschland einen Wert von 18,8 MJ/EW bzw. 5215 kWh/EW aus. Unter Berücksichtigung des Entwicklungsniveaus in diesem Sektor in den alten Bundesländern erscheint ein Wert für Thüringen unterhalb des für Deutschland insgesamt ermittelten Wertes als realistisch.

Für die Prognose des Endenergiebedarfes im Sektor GHD wird auf die Nutzung der Kenngröße Energiebedarf je Einwohner zurückgegriffen. Prinzipiell ist zu erwarten, dass sich im Betrachtungszeitraum in den einzelnen Bereichen des Sektors GHD die Energieeffektivität erhöht (Austausch von Geräten und Anlagen durch solche mit verbesserten energetischen Wirkungsgraden, Verbesserung der Wärmedämmung u.ä.). Diese Entwicklung zeigt sich in einer

Abnahme des Wertes der Kenngröße „MJ/EW“. Es ist jedoch zu beachten, dass kein direkter funktionaler Zusammenhang zwischen der Abnahme des Wertes der Kenngröße „MJ/EW“, dem Rückgang der Einwohnerzahl und dem Endenergiebedarf besteht. Es existieren auch Faktoren, die „entgegengesetzt“ wirken. Der bedeutendste ist dabei die Veränderung in der Alterstruktur der Einwohner. Der Anstieg des Anteils der Bevölkerung Thüringens älter 65 Jahre von 17% im Jahre 2000 auf 21% im Jahre 2010 sowie die Abnahme des Anteils der Einwohner im Alter von 0 bis 18 Jahre von 17% auf 13,8% (vgl. auch Tabelle 13.1-2) wirkt sich auf die Zahlenwerte der Maßgröße „MJ/EW“ aus.

Zusammengefasst sollen für die einzelnen Bereiche des Sektors GHD für die Bestimmung des Endenergiebedarfes die folgenden Annahmen gelten.

Im Bereich des **Kleingewerbes und des Handwerkes** kann von einer direkten Abhängigkeit des Endenergiebedarfes von der Einwohnerzahl ausgegangen werden. Eine geringer werdende Einwohnerzahl zieht in der Regel eine geringere Nachfrage nach Leistungen dieses Bereiches nach sich. Eine verbesserte Energieeffizienz führt weiterhin zu einer Abnahme des Koeffizienten MJ/EW für diesen Bereich.

Ähnlich sollte die Entwicklung in der **Landwirtschaft** verlaufen. Eine deutliche Expansion dieses Sektors ist nicht zu erwarten, eher wird die sinkende Einwohnerzahl zu einer reduzierten Leistung führen.

Für den Bereich **Handel** lässt sich der Energiebedarf gut auf der Grundlage Energiebedarf je m² Handelsfläche ermitteln. Hierfür existieren nachvollziehbare Kenngrößen. Infolge der expansiven Entwicklung im Zeitraum 1990 bis 2000 (und z.T. noch weiter) ist bezüglich der Handelsfläche je Einwohner in Ostdeutschland insgesamt und damit auch für Thüringen ein gewisser Sättigungsgrad eingetreten. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass eine Reduzierung der Handelsfläche proportional zum Rückgang der Einwohnerzahl erfolgt. Auch kann im Zusammenhang mit der Zunahme des Anteils der Einwohner > 65 Jahre die Nachfrage nach wohngebietsnahe Handelseinrichtungen mit kleinerer Handelsfläche zunehmen, wodurch auch ein spezifisch höherer Energieverbrauch möglich ist. Trotz verbesserter Energieeffizienz kann somit ein Anstieg der Kenngröße „Energiebedarf je Einwohner“ eintreten.

Ähnliche Tendenzen gelten auch für den Bereich der **Dienstleistungen**, speziell der bevölke-

rungsorientierten Dienstleistungen. Hierbei kann die Zunahme des Anteils älterer Menschen zu einem Ausbau spezieller Dienstleistungen bzw. zur Einführung neuer Dienstleistungen führen. Der auf diese Weise entstehende Zuwachs im Energiebedarf führt dann zu einem Anstieg der spezifischen Kenngröße MJ/EW (gleichbleibender oder leicht ansteigender Energiebedarf bei weniger Einwohnern als Bezugsgröße).

Auch im Bereich **Gastronomie, Beherbergungswesen** sind analoge Entwicklungen zu erwarten.

Besondere Auswirkungen auf den spezifischen Energiebedarf haben die Veränderungen in der Alterstruktur der Einwohner in den Bereichen **Sozialbetreuung und Schulen / Kinderbetreuung**.

Das Niveau der medizinischen (Krankenhäuser) und sozialen (Alten- und Pflegeheime) Betreuung kann gegenwärtig als bedarfsdeckend angesehen werden. Im Zusammenhang mit den Veränderungen in der Altersstruktur ist zu erwarten, dass trotz absolut rückläufiger Bevölkerungszahl das bestehende Versorgungsniveau erhalten bleibt. Das aber bedeutet, dass der Energieverbrauch für diesen Subsektor im wesentlichen gleich bleibt, was bezogen auf die Einwohnerzahl insgesamt zu einem Anstieg der Kenngröße MJ/EW führt.

Im Subsektor Schulen, Kinderbetreuung ist der aus dem Geburtenrückgang resultierende „radikale Schnitt“ vollzogen. Es ist zu erwarten, dass noch Schulschließungen stattfinden, jedoch in geringerem Umfang als bisher und auch nicht in Relation zum Rückgang der Einwohnerzahl. Diese Annahme ergibt sich auch daraus, dass gesetzliche Anforderungen an das Betreuungsniveau einzuhalten sind. Somit gilt auch für diesen Subsektor, dass der Endenergiebedarf langsamer abnimmt als die Einwohnerzahl und folglich der teilbereichsspezifische Wert der Kenngröße MJ/EW konstant bleiben bzw. u.U. auch ansteigen kann.

Im Subsektor **Sport, Freizeit** existiert im bestimmten Umfang noch ein Nachholbedarf, was auch zu einem zusätzlichen Energiebedarf führen kann. Auch hierbei gilt, dass sich ein ansteigender Energiebedarf auf eine geringere Einwohnerzahl bezieht.

Für den Bereich **übrige Verbraucher**, insbesondere Behörden u.ä., wird unterstellt, dass wegen deren Betreuungs- und Versorgungsfunktionen der Endenergiebedarf (energetische Versorgung der Ämter, Behörden usw.) geringer abnimmt als die Einwohnerzahl.

Zusammenfassend wird unterstellt, dass durch die diskutierten Faktoren die Steigerung der Energieeffizienz, darunter auch eine Verbesserung des Verbraucherverhaltens im Umgang mit Energie, sich geringer in der Kenngröße MJ/EW ausdrückt als sie tatsächlich eintritt.

Für die Ermittlung des Endenergiebedarfes im Sektor GHD werden folgende Kenngrößen verwendet:

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
MJ/EW	17,7	17,4	17,0

Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Einwohnerzahl (vgl. Tabelle 13.1-1) ergibt sich danach ein Endenergiebedarf insgesamt im Sektor GHD von:

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
TJ	43.144	41.030	39.215

Der Anteil des Endenergiebedarfes für die Raumheizung wird dabei geschätzt auf:

	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2010</u>
%	62,5	62,0	61,5

In der Struktur des Endenergiebedarfes werden keine wesentlichen Veränderungen im Vergleich zur Struktur des Jahres 2000 erwartet. Die Ablösung der festen Brennstoffe, soweit sie nicht technologisch bedingt ist, kann als abgeschlossen unterstellt werden. Mit dem Rückgang des Energiebedarfes für die Raumheizung sinkt auch der Bedarf an den für die Beheizung „klassischen Energieträgern“ (Erdgas, Heizöl, Fernwärme).

Für Strom und erneuerbare Energieträger wird ein absoluter Zuwachs (erneuerbare Energien) bzw. eine geringe Zunahme im Anteil am Endenergiebedarf (Strom) erwartet.

Der Kraftstoffbedarf im Sektor GHD bezieht sich auf den Bedarf der Landwirtschaft, der hier Produktionsbedarf bedeutet und definitionsgemäß nicht zum Sektor Verkehr gehört.

Tabelle 14-1 zeigt den Endenergiebedarf im Sektor GHD, der den diskutierten Ansätzen entspricht. Tabelle 14-2 gibt einen Überblick über die Struktur des Endenergiebedarfes im Sektor GHD in Thüringen.

Tabelle 14-1: Endenergiebedarf im Sektor GHD in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in TJ

	2000	2005	2010
Elektroenergie	13.719	13.308	12.948
Fernwärme	4.435	4.090	3.705
Ottokraftstoff	305	300	270
Dieselmkraftstoff	3.552	3.420	3.320
Heizöl-leicht	8.521	7.924	7.314
Heizöl- schwer	12	10	0
Flüssiggas	478	448	418
Mineralöle gesamt	12.868	12.102	11.322
Erdgas	11.076	10.366	9.786
Steinkohlenprodukte	126	94	54
Braunkohlenprodukte	47	20	0
feste Brennstoffe gesamt	174	115	55
erneuerbare Energien	873	1.050	1.400
Endenergie gesamt	43.144	41.030	39.215

Quelle: Berechnungen IE

Tabelle 14-2: Struktur des Endenergiebedarfes im Sektor GHD in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in %

	2000	2005	2010
Elektroenergie	31,8	32,4	33,0
Fernwärme	10,3	10,0	9,4
Kraftstoffe	8,9	9,1	9,1
Heizöle	19,8	19,3	18,7
Flüssiggas	1,1	1,1	1,1
Erdgas	25,7	25,3	25,0
Festbrennstoffe	0,4	0,3	0,1
erneuerbare Energien	2,0	2,5	3,6

Tabelle 15-1: *Einschätzungen zur Entwicklung des Endenergiebedarfes in Thüringen (ohne Sektor Verkehr), Angaben in TJ*

	2000 ¹⁾			2005			2010		
	VGew ²⁾	HH ³⁾	GHD	VGew	HH	GHD	VGew	HH	GHD
Elektroenergie	13.599	9.983	13.719	15.396	9.722	13.308	18.063	9.579	12.948
Fernwärme	1.858	7.436	4.435	1.770	7.232	4.090	1.677	6.859	3.705
Heizöl-leicht	1.622	16.204	8.521	1.570	17.092	7.924	1.550	16.246	7.314
Heizöl-schwer	513		12	500		10	500		0
Ottokraftstoff			305			300			270
Dieselmotorkraftstoff			3.552			3.420			3.320
Flüssiggas	1.307	2.093	478	1.250	1.929	448	1.200	1.799	418
Mineralöle gesamt	3.442	18.297	12.868	3.320	19.021	12.102	3.250	18.045	11.322
Erdgas	15.166	34.372	11.076	18.614	36.234	10.366	24.525	35.627	9.786
Steinkohlenprodukte	1.053	662	126	950	155	94	855	23	54
Braunkohlenprodukte	3.420	1.580	47	2.050	323	20	1.025	135	0
feste Brennstoffe gesamt	4.473	2.242	174	3.000	478	115	1.880	158	55
erneuerbare Energien ⁴⁾	85	873	873	100	830	1.050	105	784	1.400
Endenergie gesamt	38.624	73.203	43.144	42.200	73.517	41.030	49.500	71.053	39.215
			154.971			156.747			159.769

1) temperaturbereinigter Verbrauch; 2) Sektor Verarbeitendes Gewerbe; 3) Sektor private Haushalte; 4) Solarenergie, Holz

15 Entwicklung des Endenergiebedarfes im Freistaat Thüringen (ohne Verkehr)

Auf der Grundlage der in den Abschnitten 12 bis 14 diskutierten Ansätze zur Entwicklung der Industrie, der Bevölkerung und daraus abgeleitet des Wohnungsbestandes sowie der Entwicklung im „Kleinverbraucherbereich“ (Sektor GHD) ergibt sich der Endenergiebedarf in Thüringen insgesamt (ohne Bedarf im Sektor Verkehr), der in den Tabellen 15-1 und 15-1a dargestellt ist.

Tabelle 15-1a: Endenergiebedarf bei pessimistischer Wirtschaftsentwicklung, Angaben in TJ

	2005			2010		
	VGew	HH+GHD	gesamt	VGew	HH+GHD	gesamt
Elektroenergie	14.480	23.030	37.510	16.130	22.527	38.657
Fernwärme	1.646	11.322	12.968	1.480	10.564	12.044
Heizöl-leicht	1.450	25.016	26.466	1.330	23.560	24.890
Heizöl-schwer	500	10	510	500	0	500
Ottokraftstoff		300	300		270	270
Dieselmkraftstoff		3.420	3.420		3.320	3.320
Flüssiggas	1.250	2.378	3.628	1.200	2.218	3.418
Mineralöle gesamt	3200	31.123	34.323	3.030	29.367	32.397
Erdgas	17.824	46.600	64.424	21.760	45.414	67.174
Steinkohlenprodukte	875	249	1.124	750	78	828
Braunkohlenprodukte	1.775	343	2.118	735	135	870
feste Brennstoffe gesamt	2.650	593	3.243	1.485	213	1.698
erneuerbare Energien	100	1.880	1.980	105	2.184	2.289
Endenergie gesamt	39.900	114.547	154.447	43.990	110.269	154.259

Tabelle 15-2: Gesamtbetrachtung zur Entwicklung des Endenergiebedarfes (ohne Verkehr) im Zeitraum 2000 bis 2010

	2000	2010	2010 zu 2000	
	TJ	TJ	TJ	%
Industrie	38.624	49.500	+ 10.876	+ 28,2
Haushalte	73.203	71.053	- 2.150	- 2,9
GHD	43.144	39.215	- 3.929	- 9,1
Gesamt	154.971	159.768	+ 4.797	+ 3,1

Quelle: Berechnungen IE

Nach den gewählten Ansätzen steigt der Endenergiebedarf (ohne Bedarf im Sektor Verkehr) im Zeitraum 2000 bis 2010 um ca. 4.800 TJ, was einer Steigerung um 3,1% in 10 Jahren ent-

spricht. Während in den Sektoren private Haushalte und GHD mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Abnahme des Endenergiebedarfes eintreten wird, hervorgerufen vor allem durch den Rückgang der Einwohnerzahl, steigt der Energiebedarf in der Industrie (Verarbeitendes Gewerbe) an. Ursache für diesen Anstieg ist die unterstellte Zunahme der Bruttowertschöpfung, die nach den angenommenen jährlichen Steigerungsraten im Jahre 2010 um 52% über der des Jahres 2000 liegt. Auf Grund der in den 1990er Jahren erfolgten Modernisierung der Produktionsanlagen (Modernisierung, Neubauten) sind hohe Senkungsraten in der Energieeffizienz im Betrachtungszeitraum nicht zu erwarten.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte ergibt sich insgesamt die in Tabelle 15-2 dargestellte Entwicklung.

Innerhalb der Energieträgerstruktur ist ein Anstieg des Anteils des Erdgases und der Elektroenergie zu verzeichnen:

- Erdgas von 39,1% im Jahre 2000 auf 43,8% im Jahre 2010,
- Elektroenergie von 24,1% im Jahre 2000 auf 25,4% im Jahre 2010.

16 Wärme- und Stromerzeugung (Energieumwandlung)

16.1 Fernwärmeerzeugung

Grundlage für die Entwicklung der Fernwärmeerzeugung im Zeitraum bis zum Jahre 2010 ist die abgeschätzte Entwicklung des Fernwärmebedarfes (Tabellen 15-1, 15-1a) sowie die in der Energiebilanz für den Freistaat Thüringen für das Jahr 2000 angegebene Deckungsstruktur. Nach der abgeleiteten Entwicklung liegt der Fernwärmebedarf im Jahre 2010 um 1.520 TJ unter dem Verbrauch des Jahres 2000 (temperaturbereinigter Verbrauch), in der Variante der weniger optimistischen wirtschaftlichen Entwicklung um 1.720 TJ. Das entspricht einem Rückgang um 11% bzw. 12,5%.

Unter Bezugnahme auf die Deckungsstruktur im Jahre 2000 wird unterstellt, dass der Fernwärmebezug aus anderen Bundesländern geringfügig zurückgeht. Es wird auch angenommen, dass durch verbesserte Betriebsregimes die Leitungsverluste sowie der Eigenverbrauch der HKW und FHW an Fernwärme abnehmen. Infolge der verringerten Auslastung der Fernwärmeerzeuger ist mit einer leichten Verschlechterung der Wirkungsgrade zu rechnen.

Grundlage für die Einschätzung der Struktur des Brennstoffeinsatzes zur Fernwärmeerzeugung ist die Struktur des Jahres 2000, wobei ein leichter Anstieg des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen angenommen wird. Der Einsatz von Heizölen wird im wesentlichen auf dem Niveau des Jahres 2000 erwartet.

Tabelle 16.1-1: Erzeugung und Verwendung von Fernwärme in Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in TJ

	2000 ¹⁾	2005	2010
Fernwärmeerzeugung in HKW und FHW	15.651	16.402...16.260	15.140...14.900
Energieträgereinsatz gesamt	16.055	16.980 16.830	15.990 15.740
davon: Erdgas	14.499	15.430...15.280	14.440...14.190
Heizöl- leicht	399	380	370
Heizöl- schwer	165	165	165
Hartbraunkohle	19	15	15
Nachwachsende Rohstoffe	973	990	1000
Eigenverbr. der HKW und FHW an FW	1.336	1.345... 1.335	1.210... 1.190
Verwendung der Fernwärme	14.875	15.590 15.450	14.430 14.200
dav.: Endenergie	12.256	13.050 12.930	12.210 12.010
Verbr. In der Energieumwandlung	279	200	200
Leitungsverluste	2.340	2.340 2.320	2.020 1.990
FW-Bezug aus anderen Bundesländern	560	530... 525	500... 490
Wirkungsgrad der Erzeugung (in %)	90,0	89,5	88,0
Leitungsverluste (in %)	15,7	15,0	14,0
Eigenverbrauch der HKW, FHW (in %)	8,5	8,2	8,0

1) Ist-Verbrauch;

Quelle: Berechnungen IE

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen ergibt sich die in Tabelle 16.1-1 dargestellte Deckung des Fernwärmebedarfes im Zeitraum 2000 bis 2010. Die Basiswerte für das Jahr 2000 entsprechen gemäß der Energiebilanz dem Ist- Verbrauch. Der temperaturbereinigte Endenergieverbrauch beträgt 13.729 TJ.

16.2 Stromerzeugung

Bei der Entwicklung der Stromerzeugung im Freistaat Thüringen im Zeitraum bis 2010 wird im Vergleich zum Basisjahr 2000 von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Stromerzeugung in Wärmekraftanlagen bleibt im Wesentlichen auf dem Niveau des Jahres 2000, sowohl bzgl. der erzeugten Arbeit als auch des Brennstoffeinsatzes.

- Seit dem Jahre 2003 arbeitet das Pumpspeicherwerk Goldisthal mit einer Leistung von 1.060 MW ganzjährig, wobei eine jährliche Netzeinspeisung von 1.160 GWh angenommen wird.
- Es wird ein deutlicher Leistungszuwachs bei Windkraft- und PV-Anlagen unterstellt und mit einer Verdreifachung der in das elektrische Netz eingespeisten Strommenge gerechnet.
- Unterstützt durch das EEG wird von einem nennenswerten Zuwachs in der Stromerzeugung aus Biogas und fester Biomasse ausgegangen.

Tabelle 16.2-1 zeigt die Stromerzeugung in Thüringen unter Berücksichtigung der diskutierten Annahmen. Der für diese Stromerzeugung erforderliche Energieträgereinsatz ist in Tabelle 16.2-2 dargestellt.

Unter Verwendung der Annahmen zur Entwicklung des Strombedarfes (Abschnitte 12 bis 15) sowie der Darstellungen zur Stromerzeugung in Thüringen ergibt sich die Strombilanz für den Freistaat Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010 (Tabelle 16.2-3).

Tabelle 16.2-1: Struktur der Stromerzeugung in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in GWh

Erzeugung in:	2000	2005	2010
Wärmeerkraftanlagen	2.904	2.900	2.900
Wasserkraftanlagen	429	1.590	1.590
Wind- und PV- Anlagen	245	590	770
Anlagen mit Biogaseinsatz		120	275
Anlagen mit Einsatz fester Biomasse	5	210	245
Stromerzeugung gesamt in Thüringen	3.583	5.410	5.780

Quelle: Berechnungen IE

Tabelle 16.2-2: Energieträgereinsatz für die Stromerzeugung in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in TJ

	2000	2005	2010
Erdgas	13.513	13.510	13.510
Heizöl- leicht	114	114	114
Heizöl- schwer	6	5	5
Dieselmkraftstoff	13	13	13
Abfälle, Klärschlamm, Klärgase, Biogase	2.294	3.090	4.773
nachwachsende Rohstoffe	855	4.153	4.715
Brennstoffeinsatz gesamt	16.795	20.885	23.130

Quelle: Berechnungen IE

Tabelle 16.2-3: Strombedarf und Strombereitstellung in Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in GWh

	2000	2005	2010
Endenergiebedarf	10.269	10.673 10.419	11.274 10.738
Eigenbedarf Kraftwerke	94	93	93
Pumpstrombedarf	329	1.836	1.836
Netzverluste	572	663 650	682 654
Bruttostrombedarf	11.264	13.265 13.000	13.885 13.320
Stromerzeugung in Thüringen	3.583	5.410	5.780
Strombezug	7.681	7.855 7.590	8.105 7.540
Netzverluste in %	5,4	5,3	5,2

Quelle: Berechnungen IE

16.3 Energieträgereinsatz für die gesamte Energieumwandlung im Freistaat Thüringen

Die getroffenen Ansätze zur Entwicklung des Fernwärmebedarfes sowie der Stromerzeugung in Thüringen lassen zusammengefasst folgende Entwicklung des Bedarfes an Einsatzenergieträgern für die Energieumwandlung erwarten (Tabelle 16.3-1).

Tabelle 16.3-1: Energieträgereinsatz für die Energieumwandlung im Freistaat Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in TJ

	2000 ¹⁾	2005	2010
Erdgas	28.012	28.940...28.790	27.950...27.700
Hartbraunkohle	19	15	15
Heizöl- leicht	513	494	484
Heizöl- schwer	171	170	170
Dieselmkraftstoff	13	13	13
Abfälle, Klärschlamm, Klärgase, Biogase	2.294	3.090	4.773
nachwachsende Rohstoffe	1.828	5.143	5.715
Energieträgereinsatz gesamt	32.850	37.865...37.715	39.120 ... 38.870

1) Ist- Verbrauch des Jahres 2000

Quelle: Berechnungen IE

17 Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Verkehr im Bezugsjahr 2000

17.1 Straßenverkehr

17.1.1 Ermittlung der Fahrleistung

Da dem Straßenverkehr in Thüringen eine herausragende Bedeutung bezüglich des Energieverbrauchs und der Höhe der THG-Emissionen im gesamten Sektor "Verkehr" zukommt, wurde der Straßenverkehr differenzierter behandelt als die übrigen relevanten Verkehrsträger.

Grundlage der Ermittlung der Fahrleistung für das gesamte klassifizierte Straßennetz bilden die Straßenlängendaten des Thüringer Landesamtes für Straßenbau ergänzt um Informationen aus dem landesweiten Emissionskataster Straßenverkehr Thüringen /HB 00/, dem die Daten der Straßendatenbank Thüringen zugrunde liegen. Die daraus abgeleitete Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Thüringen ist in Tabelle 17.1-1 aufgeführt.

Tabelle 17.1-1: Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Thüringen (Stand 1.1. 2001)

Netzlängen	außerorts [km]	innerorts [km]	Summe [km]
BAB *	285	-	285
Bundesstraßen	1.361	575	1.936
Landesstraßen	4.298	1.349	5.647
Kreisstraßen	1.714	643	2.357
Gesamt	7.658	2.567	10.225

* ohne Astlängen

Die zur Ermittlung der Fahrleistung benötigten Verkehrsdaten wurden ausgehend vom Stand 1995/96 und unter Berücksichtigung des für das Bezugsjahr 1998 vorliegenden Landesemissionskatasters Straßenverkehr Thüringen /HB 00/ und weiteren Ergebnissen aktueller Verkehrszählungen auf das Jahr 2000 aktualisiert.

Die Ermittlung der Verkehrsstärken auf Autobahnen für das Bezugsjahr 2000 erfolgte mit Hilfe der Ergebnisse der Straßenverkehrszählung 2000 (SVZ 00). Diese liegen für alle Autobahnabschnitte in Thüringen vor, so dass diese komplett mit Daten zu den Verkehrsstärken

2000 versorgt werden konnten.

Der Abdeckungsgrad der Bundesstraßen in Thüringen durch die Zählergebnisse der SVZ liegt bei über 80%. Es handelt sich dabei ausschließlich um Zählungen an freien Strecken. Aus den Zählergebnissen wurde ein mittlerer DTV-Wert abgeleitet, der als repräsentativ für die gesamten Bundesstraßen (außerorts) in Thüringen angesehen werden kann und den Berechnungen für das Bezugsjahr 2000 zugrundegelegt wurde.

Der Abdeckungsgrad für die Landesstraßen durch die SVZ liegt nur bei 40%, wobei davon ausgegangen werden muss, dass höher belastete Abschnitte überrepräsentativ enthalten sind. Daher konnte der mittlere DTV-Wert für Landstraßen, der sich aus den SVZ-Ergebnissen ableitet, nicht als repräsentativer DTV-Wert für die gesamten Landstraßen herangezogen werden.

So wurden für die Landstraßen und die übrigen klassifizierten Straßen die Daten des Landesemissionskatasters (Bezugsjahr 1998) ausgewertet, um mittlere DTV-Werte (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken) pro Straßenklasse sowohl für innerorts als auch für außerorts abzuleiten. Zusätzlich wurde die Entwicklung der Verkehrsstärken zwischen 1998 und 2000 aus den Ergebnissen der SVZ (1995 und 2000) und der Dauerzählstellen in Thüringen abgeleitet und die mittleren DTV-Werte auf das Bezugsjahr 2000 aktualisiert. Analog wurde für die sonstigen nicht klassifizierten Nebenstrecken die im Landesemissionskataster ausgewiesene Fahrleistung 1998 auf das Bezugsjahr 2000 fortgeschrieben.

Die straßenklassenspezifischen, mittleren DTV-Werte und die ermittelten Fahrleistungsgrößen für das Bezugsjahr 2000 sind in Tabelle 17.1-2 aufgeführt.

Eine Analyse der bereits vorliegenden Ergebnisse zu DTV-Werten und ermittelten Fahrleistungen pro Straßenklasse für das Bezugsjahr 1995 /TLU 01/ zeigte, dass die damals den Berechnungen zugrunde gelegten Annahmen sich teilweise deutlich von den aktuelleren Daten aus dem Landesemissionskataster Bezugjahr 1998 /HB 00/ unterscheiden. Um beim Vergleich der ermittelten Daten für 2000 mit 1995 die Entwicklung des Verkehrsgeschehens und nicht überwiegend Änderungen aufgrund der Verbesserung der Datengrundlage auszuweisen, wurden die Daten für das Bezugjahr 1995 durch Rückrechnung zusätzlich neu ermittelt. Maßgebend für die dafür angesetzte Entwicklung der Verkehrsstärken von 1995 auf 2000 waren

die aus den Ergebnissen der SVZ 95 und SVZ 2000 ermittelten Entwicklungen differenziert nach Straßenklasse.

Tabelle 17.1-2: Mittlere DTV-Werte in Kfz/24h sowie Jahresfahrleistungen in Mio. Fzkm des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000

	Ortslage	DTV [Kfz/24h]	JFL [Mio Fzkm]
BAB		41.054	4.400
Bundesstraßen	außerorts	7.655	3.803
Landesstraßen		2.108	3.307
Kreisstraßen		558	349
Bundesstraßen	innerorts	10.362	2.175
Landesstraßen		3.024	1.489
Kreisstraßen		934	219
Nebenstraßen		-	2.598
Gesamt			18.340

Danach hat seit 1995 die Fahrleistung in Thüringen insgesamt um 9,8% zugenommen, wobei die Zunahme auf den Autobahnen bei knapp 25% lag (verbunden mit einer Zunahme der BAB-Streckenlänge von 14%) und die der übrigen Straßen bei knapp 6%.

17.1.2 Beschreibung des Verkehrsablaufs

Die aus den erbrachten Fahrleistungen resultierenden Schadstoffemissionen werden entscheidend von den jeweiligen Verkehrsablaufbedingungen beeinflusst. Diese können näherungsweise durch mittlere Geschwindigkeiten beschrieben werden.

Grundlage der verwendeten Geschwindigkeitsverteilungen für die Bundesautobahnen bilden die Daten, die durch die automatischen Dauerzählstellen erhoben wurden und in Bild 17.1-1 dargestellt sind. Die aktuell vorliegenden Daten beziehen sich auf das Jahr 1999 /TLS 99/. Für die sonstigen Straßen konnten die Geschwindigkeitsverteilungen, die für die Emissionsberechnungen für das Bezugsjahr 1995/96 angesetzt worden waren, auch für das Bezugsjahr 2000 übernommen werden.

17.1.3 Kraftfahrzeugspezifische Grundlagen

Die Emissionen des Kfz-Verkehrs werden nicht nur von verkehrsspezifischen Kenngrößen (Verkehrsstärken/Fahrleistungen, Verkehrssituationen, Fahrgeschwindigkeiten), sondern auch von den kraftfahrzeugspezifischen Kenngrößen (spezifische Emission in g/Fzg*km) beeinflusst. Letztere hängen vor allem von der Zusammensetzung des Kfz-Bestandes im Untersuchungsgebiet im betrachteten Bezugsjahr ab und werden für jeden Schadstoff als spezifische Emissionsfaktoren für alle relevanten Verkehrssituationen bzw. Fahrgeschwindigkeiten (einschließlich Stop&Go-Verkehr) angegeben.

Die Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2000 wurden auf der Basis des „Handbuches Emissionsfaktoren Straßenverkehr“ /INF 99/ und in Anlehnung an den Grundriss der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ /VDI 02/ unter Berücksichtigung der regionalen Bestandszusammensetzung für Thüringen für das Bezugsjahr 2000 für die Fahrzeugarten Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Krafträder (Krad) ermittelt.

Die Emissionsfaktoren berücksichtigen auch zusätzliche Einflüsse wie Kaltstartverhalten, Gkat-Laufleistung oder Längsneigung.

Da für die Emissionsermittlung der im Verkehr zu beobachtende sogenannte dynamische Bestand zugrunde gelegt wird, wird der statische Bestand der Pkw und INfz, wie er aus der KBA-Statistik hervorgeht, mit den für die Bundesrepublik Deutschland ermittelten spezifischen Jahresfahrleistungen für einzelne Fahrzeuggruppen und Straßenarten fahrleistungsgewichtet. Das Ergebnis ist ein regionsspezifischer dynamischer Flottenmix für die verschiedenen Straßenarten und Fahrmuster/Verkehrssituationen. Entsprechend wird eine Fahrleistungsgewichtung nach Fahrzeuggruppen und Straßenkategorien auch bei den schweren Nutzfahrzeugen und Krafträdern vorgenommen.

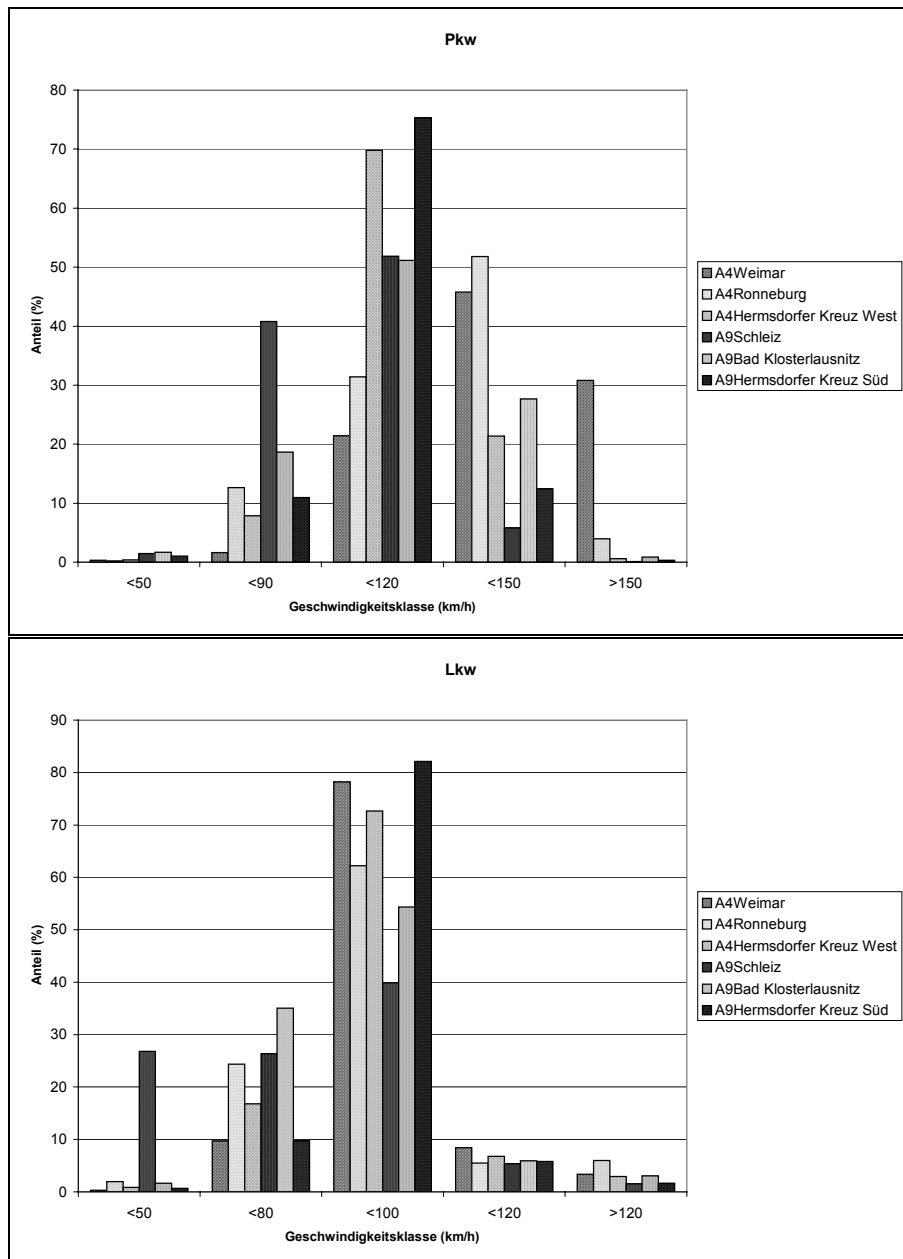


Bild 17.1-1: Verteilung der Geschwindigkeiten für Pkw und Lkw auf Bundesautobahnen in Thüringen, Bezugsjahr 1999 /TLS 1999/

17.1.4 Abgasemissionen Straßenverkehr

Durch Multiplikation der ermittelten Fahrleistungen mit den jeweiligen spezifischen Emissionskennwerten bzw. Kraftstoffverbräuchen wurden die Emissionen für das Bezugsjahr 2000 berechnet und die Ergebnisse sind in Tabelle 17.1-3 und 17.1-4 und Bild 17.1-2 dargestellt.

Tabelle 17.1-3: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, differenziert nach Straßenklassen, Bezugsjahr 2000

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Straßenklassenspezifische Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
BAB	427.802,9	1.358.274,2	10.470,7	8.105,4	991,4	205,3	72,2	111,3
Bundesstraßen	423.269,2	1.343.879,7	20.898,1	5.938,0	2.480,8	170,7	171,9	157,2
Landesstraßen	321.428,7	1.020.535,9	16.291,5	4.343,5	1.875,4	125,6	133,8	127,1
Kreisstraßen	44.614,7	141.651,8	2.032,3	741,5	285,6	19,2	17,8	15,1
übrige Straßen	269.263,6	854.912,1	31.305,6	2.390,0	4.769,1	94,2	219,6	67,9
Summe	1.486.379,2	4.719.253,8	80.998,2	21.518,4	10.402,2	614,9	615,2	478,5

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 17.1.5)

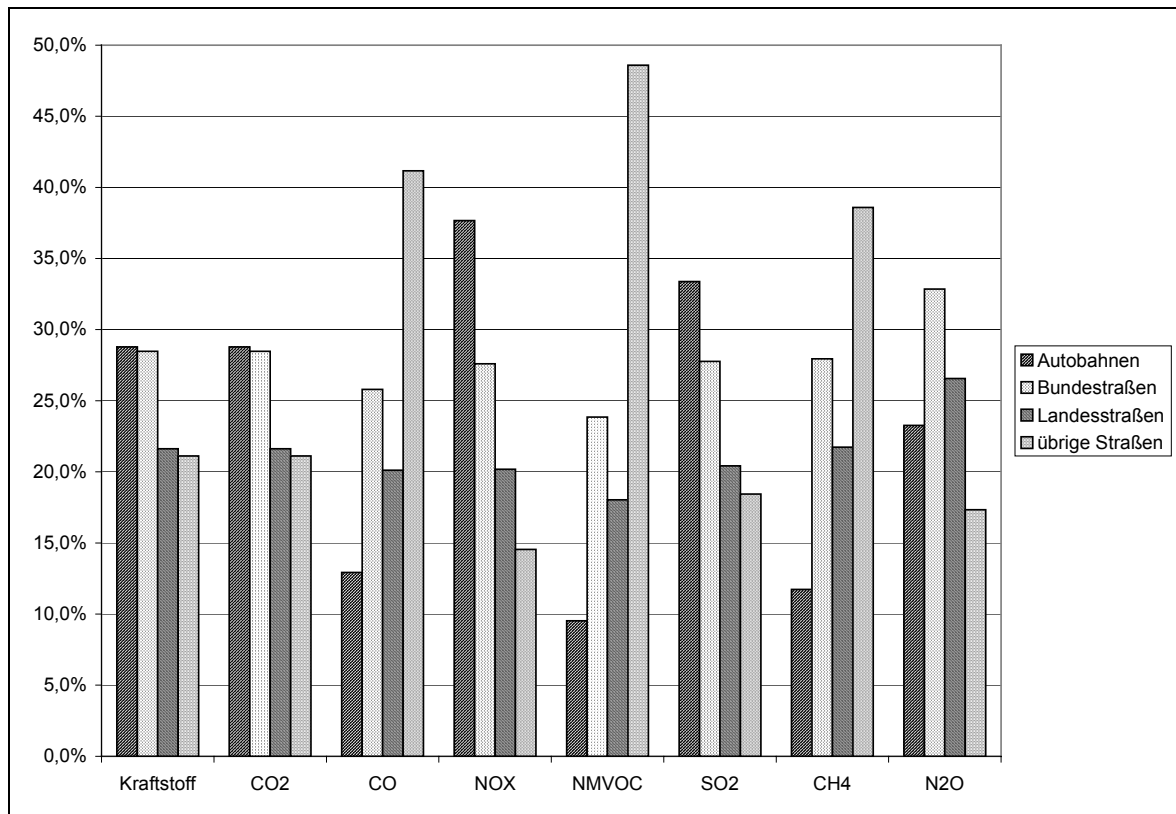


Bild 17.1-2: Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000

Tabelle 17.1-4: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, differenziert nach Fahrzeugarten, Bezugsjahr 2000

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a und Anteile der Fahrzeugarten</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
Kfz	1.486.379,2	4.719.253,8	80.998,2	21.518,4	10.402,2	614,9	615,2	478,5
Pkw	63,6%	63,6%	89,4%	35,2%	71,9%	47,9%	84,8%	85,2%
Krad	0,6%	0,6%	6,1%	0,2%	9,8%	0,4%	7,4%	0,3%
LNfz	4,0%	4,0%	1,2%	2,7%	1,1%	5,5%	0,7%	1,3%
sNfz	31,8%	31,8%	3,4%	61,9%	17,2%	46,2%	7,1%	13,2%

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 1.1.1.5)

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse für die Jahre 1995 und 2000 ist in Tabelle 17.1-5 aufgeführt. Die Ergebnisse für 1995 wurden aufgrund der neu ermittelten Daten zur Fahrleistung 1995 (vgl. Kapitel 17.1.1) ebenfalls aktualisiert. Dabei wurde auch eine Aktualisierung der Emissionsfaktoren 1995 unter Berücksichtigung der aktuellen Version 1.2 des Emissionsfaktorenhandbuchs /INFRAS 1999/ durchgeführt.

Der Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen sind zwischen 1995 und 2000 um knapp 5% angestiegen. Die Emissionen aller übrigen betrachteten Schadstoffe, außer NO₂, haben zwischen 1995 und 2000 abgenommen, je nach Schadstoff im Bereich von –30% bis –68%. Die Ursache hierfür ist vor allem in der kontinuierlichen Bestandsumwandlung hin zu emissionsärmeren Fahrzeugen und in der Verbesserung der Kraftstoffqualität seit 1995 zu sehen. Für NO₂ ergab sich zwischen 1995 und 2000 eine Zunahme von 4%.

Tabelle 17.1-5: Entwicklung von Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen zwischen 1995 und 2000

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2000	1.486.379,2	4.719.253,8	80.998,2	21.518,4	10.402,2	614,9	615,2	478,5
1995	1.419.163,1	4.505.842,6	126.933,0	30.594,1	26.026,6	1.938,2	1.293,3	459,1
2000 zu 1995	4,7%	4,7%	-36,2%	-29,7%	-60,0%	-68,3%	-52,4%	4,2%

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 1.1.1.5)

17.1.5 Verdunstungsemissionen Straßenverkehr

Die Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Kfz-Verkehr resultieren im Wesentlichen aus Tankatmung (TA) und Heiß-/Warmabstellen (HW). Da Ottokraftstoff bei gleichem Temperaturniveau einen erheblich höheren Dampfdruck aufweist als Diesellochstoff, sind die Verdunstungsemissionen somit zum überwiegenden Teil auf Fahrzeuge mit Ottomotor zurückzuführen, so dass die Verdunstungsemissionen von Dieselfahrzeugen vernachlässigt werden können.

Die Abschätzung der Verdunstungsemissionen aus Tankatmung und Heiß-/Warmabstellvorgängen erfolgt mit Hilfe der in /INF 99/ angegebenen spezifischen Emissionsfaktoren für Ottofahrzeuge mit Gkat und konventionelle Ottofahrzeuge. Hierbei sind für die Standzeiten, Fahrtlängen und die Außentemperatur jeweils die in /INF 99/ als Mittelwerte für Deutschland angegebenen Werte zugrundegelegt.

Die für das Bezugsjahr 2000 ermittelten Verdunstungsemissionen sind in Tabelle 17.1.-6 aufgeführt. Ebenso ist dort die Veränderung der Emissionen im Vergleich zum Bezugsjahr 1995 ausgewiesen.

Tabelle 17.1-6: NMVOC-Verdunstungsemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000 und Veränderung zu 1995

	Emissionen in t/a						
	Pkw		INfz		Krad	Summe	
2000	1.368	82,8%	20	1,2%	265	16,0%	1.653
1995	4.080	92,6%	76	1,7%	251	5,7%	4.407
2000 zu 1995	-66,5%		-73,7%		5,6%		-62,5%

17.2 Sonstige relevante Verkehrsträger

Der Flugverkehr (der im Freistaat startenden und landenden Flugzeuge incl. deren Streckenflugleistung im Luftraum über Thüringen) sowie der diesel- und kohlebetriebene Schienenverkehr (Strecken- und Rangierdienst) wurden aufgrund ihrer deutlich geringeren Bedeutung pauschaler behandelt.

17.2.1 Flugverkehr

Der Flughafen Erfurt ist als internationaler Verkehrsflughafen eingestuft. Der Flughafen erschließt nach vorsichtiger Schätzung einen Einzugsbereich von 1,4 Mio. Einwohnern /FTH 97/. Das Fluggastaufkommen ist im Zeitraum 1990-1996 von ca. 10.000 Fluggästen pro Jahr auf ca. 312.000/a gestiegen und lag im Jahr 2000 bei über 500.000/a. Dennoch gehört Erfurt zu den kleineren Flughäfen in der Bundesrepublik.

Thüringen besitzt derzeit neben Erfurt 19 genehmigte zivile Flugplätze. Es existiert kein militärischer Flugplatz.

Zu den Flugbewegungen im Bezugsjahr 2000 liegen die in Tabelle 17.2-1 aufgeführten Daten vor, differenziert nach maximalen Startgewichtsklassen (MTOW) sowie gewerblichem und nicht gewerblichem Verkehr /SBA 00/.

Tabelle 17.2-1: Flugbewegungen des Flughafens Erfurt und der sonstigen Flugplätze in Thüringen, Starts in 2000 /SBA 00/

MTOW	>20t	14-20t	5,7-14t	2-5,7t	<2t	Hubschr	Sonstige *	Summe
Luftfahrzeugklasse	A	B	C	I+F	G+E	H	K+L+M	
Gewerblicher Verkehr								
Erfurt	1.885	10	1.560	1.219	429	40		5.143
Flugplätze	144	30	1.886	2.148	16.141	2.267	1	22.617
nicht gewerblicher Verkehr **								
Erfurt			82	503	1.515	1.250	33	3.383
Flugplätze ***			76	1.208	21.213	2.606	26.848	51.951

* Motorsegler, Luftschiffe, Ultraleichtflugzeuge ** Verteilung auf die MTOW-Klassen abgeleitet nach /SBA 1998/

*** ohne Segelflieger

Die Entwicklung der Flugbewegungen am Flughafen Erfurt und den sonstigen Flugplätzen in Thüringen zwischen 1995 und 2000 ist in Tabelle 17.2-2 aufgeführt. Für den Flughafen Erfurt hat sich seit 1995 nur eine geringe Veränderung der Gesamtzahl der Flugbewegungen ergeben (+1%), wobei aber eine Verschiebung zwischen den verschiedenen Luftfahrzeugklassen zu erkennen ist. Für die sonstigen Flugplätze ergab sich zwischen 1995 und 2000 eine deutliche Zunahme der Anzahl der Flugbewegungen von 63%.

Die weitere Differenzierung der Flugbewegungen für den Flughafen Erfurt nach Antriebsart, die im Hinblick auf die Emissionsberechnung benötigt wird, erfolgte nach Angaben aus /TLU 02/.

Die Ermittlung der Emissionen wurde getrennt für die bodennahen Emissionen des Flughafens und der Flugplätze, die während der Landing/Take off Phasen (LTO-Zyklus) emittiert werden, sowie für die eigentliche Flugphase (Cruising) durchgeführt.

Tabelle 17.2-2: Vergleich der Flugbewegungen des Flughafens Erfurt und der sonstigen Flugplätze in Thüringen 1995 und 2000, Starts /SBA 00, SBA 95/

MTOW	>20t	14-20t	5,7-14t	2-5,7t	<2t	Hubschr.	Sonstige *	Summe
Luftfahrzeugklasse	A	B	C	I+F	G+E	H	K+L+M	
2000 (gewerblicher und nicht gewerblicher Verkehr)								
Erfurt	1.885	10	1.642	1.722	1.944	1.290	33	8526
Flugplätze **	144	30	1.962	3.356	37.354	4.873	26.849	74.568
1995 (gewerblicher und nicht gewerblicher Verkehr)								
Erfurt	1.354	18	2.086	1.534	2.729	744	0	8.465
Flugplätze **		1	220	873	29.217	2.119	13.273	45.703
2000 zu 1995								
Erfurt	+39%	-46%	-21%	+12%	-29%	+74%	-	+1%
Flugplätze	-	+2900 0%	+792%	+284%	+28%	+130%	+102%	+63%

* Motorsegler, Luftschiffe, Ultraleichtflugzeuge, ** ohne Segelflieger

Zur Ermittlung der bodennahen Emissionen wurden triebwerksspezifische Emissionsfaktoren für die verschiedenen Phasen des LTO-Zyklus verwendet. Die Verwendung dieser Faktoren erfordert entsprechend eine Zuordnung von Triebwerken zu Flugzeugmodellen und eine Differenzierung der Flugbewegungen nach Flugzeugmodellen. Da für den Flughafen Erfurt die Flugbewegungen nicht entsprechend differenziert vorlagen, wurde eine typische Verteilung der Flugbewegungen auf Modelle und deren Triebwerksausstattung auf Erfurt übertragen (Vergleichsflughafen Münster-Osnabrück /AVI 01/), um so typische Emissionsfaktoren für den Flughafen Erfurt abzuleiten. Ebenso wurden Emissionsfaktoren für die Flugplätze unter Berücksichtigung einer typischen Verteilung der Flugbewegungen nach Modellen und Trieb-

werksausrüstung für kleinere Flugplätze ermittelt.

In Tabelle 17.2-3 sind die für den Flughafen Erfurt ermittelten Emissionsfaktoren für einen Start- (Taxi-Out, Take-off, Climb-Out) bzw. Landevorgang (Approach, Taxi-In) aufgeführt.

Tabelle 17.2-3: Emissionsfaktoren in kg/Start und kg/Landung mit Propeller-Flugzeugen, Turboprops, Jets und Helikoptern für den Flughafen Erfurt, Bezugsjahr 2000

	<i>Emissionsfaktoren in [kg/Start]</i>					
	<i>Props < 2t</i>		<i>Turboprops</i>		<i>Jets</i>	<i>Hubschr.</i>
	<i>1 mot</i>	<i>2 mot</i>	<i>< 5,7t</i>	<i>> 5,7t</i>		
mKr	4,66	11,36	15,07	66,29	318,77	8,63
CO ₂	14,67	35,77	47,47	208,80	1.004,12	27,18
CO	5,15	14,80	0,34	0,76	2,33	0,09
NO _x	0,02	0,03	0,12	0,67	4,91	0,05
NMVOG	0,15	0,35	0,36	1,05	0,54	0,00
SO ₂	0,00	0,01	0,02	0,07	0,32	0,01
Methan	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00
N ₂ O	0,01	0,02	0,04	0,12	0,06	0,00
	<i>Emissionsfaktoren in [kg/Landung]</i>					
	<i>Props < 2t</i>		<i>Turboprops</i>		<i>Jets</i>	<i>Hubschr.</i>
	<i>1 mot</i>	<i>2 mot</i>	<i>< 5,7t</i>	<i>> 5,7t</i>		<i>1 mot</i>
mKr	3,88	8,05	13,22	58,08	181,97	2,84
CO ₂	12,23	25,36	41,65	182,95	573,21	8,94
CO	3,81	9,02	0,40	0,89	3,05	0,14
NO _x	0,02	0,03	0,09	0,41	1,10	0,01
NMVOG	0,15	0,30	0,36	1,16	0,63	0,02
SO ₂	0,00	0,01	0,01	0,06	0,18	0,00
Methan	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
N ₂ O	0,01	0,02	0,04	0,13	0,07	0,00

Die für das Bezugsjahr 2000 ermittelten Flughafen- und Flugplatzemissionen in Thüringen sind in Tabelle 17.2-4 aufgeführt.

Tabelle 17.2-4: Schadstoffemissionen des Flugbetriebes in Thüringen (bodennaher Flugverkehr), Bezugsjahr 2000

	Kraftstoff in t/a	Emissionen in t/a						
		CO ₂	CO	NO _x	NM VOC	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
Flughafen	719,0	2.264,7	36,3	6,82	9,36	0,72	0,99	0,10
Flugplatz	1.116,4	3.516,7	985,8	6,60	14,09	1,12	0,78	0,11
Summe	1.835,4	5.781,38	1.022,07	13,42	23,44	1,84	1,77	0,21

Die Daten zum Flugverkehr in /TLU 01/ für das Bezugsjahr 1995 wurden dort als mit hohen Unsicherheiten behaftet beschrieben, da die Datenlage zur Emissionsberechnung sich noch stark im Fluss befand. Daher wurden zur Beschreibung der Entwicklung 1995 bis 2000 zunächst die Emissionen für 1995 neu ermittelt. Hierbei wurden zum einen die in Tabelle 17.2-2 aufgeführten Angaben zu den Flugbewegungen verwendet, die deutlich unter den entsprechenden Daten liegen, auf denen die Ergebnisse in /TLU 01/ basieren. Des weiteren wurde die im Emissionskataster Erfurt /TML 1995/ aufgeführte Verteilung der Flugbewegungen auf Modelle für 1995 verwendet. Ansonsten wurden die Berechnungen analog zu den Berechnungen für das Bezugsjahr 2000 durchgeführt. Entsprechend wurden auch der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der Flugplätze in Thüringen für 1995 analog zur Vorgehensweise für 2000 berechnet.

Tabelle 17.2-5: Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen des Flugbetriebs (bodennaher Flugverkehr) in Thüringen zwischen 1995 und 2000

		Emissionen in t/a							
		KV	CO ₂	CO	NO _x	NM VOC	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
2000	Erfurt	719,0	2.264,7	36,3	6,82	9,36	0,72	0,99	0,10
	Flugplätze	1.116,4	3.516,7	985,8	6,60	14,09	1,12	0,78	0,11
	Gesamt	1.835,4	5.781,4	1.022,1	13,42	23,45	1,84	1,77	0,21
1995	Erfurt	1.701,9	5.360,9	42,8	20,96	9,69	1,70	1,02	0,25
	Flugplätze	563,3	1.774,5	657,4	2,71	9,41	0,56	0,50	0,04
	Gesamt	2.265,2	7.135,4	700,1	23,67	19,10	2,27	1,53	0,30
Veränderung	Erfurt	-58%	-58%	-15%	-67%	-3%	-58%	-3%	-61%
	Flugplätze	98%	98%	50%	143%	50%	99%	55%	148%
	Gesamt	-19%	-19%	46%	-43%	23%	-19%	16%	-30%

Die Veränderung zwischen den für 1995 und für 2000 ermittelten Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs durch den Flugbetrieb (bodennaher Flugverkehr) in Thüringen zeigt Tabelle 17.2-5.

Die Ursache der deutlichen Reduktion des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen für den Flughafen Erfurt zwischen 1995 und 2000 ist vor allem in den Unterschieden bei den eingesetzten Flugzeugmodellen zu sehen. So waren 1995 deutlich mehr Flugzeuge mit Triebwerken im Einsatz, die ein vergleichsweise ungünstiges Verbrauchsverhalten und hohe Emissionsfaktoren aufweisen. Dagegen haben der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der Flugplätze zwischen 1995 und 2000, analog zu den Flugbewegungen, deutlich zugenommen. Insgesamt ergibt sich für den bodennahen Flugverkehr in Thüringen eine Änderung des Kraftstoffverbrauchs von –19% und für die Emissionen liegen die Änderungen im Bereich von –43% bis +23%, je nach Schadstoff.

Die Abschätzung des Anteils aus Cruising erfolgte für das Bezugsjahr 2000 analog zu der Vorgehensweise für das Bezugsjahr 1995/96. Es wurden für 1995/96 aus Daten der Schweizer Offroad Studie /BUW 96/ schadstoffspezifische Verhältnisse zwischen Cruising und LTO-Zyklus abgeleitet und auf Thüringen übertragen. Diese Verhältnisse wurden unverändert auch für das Bezugsjahr 2000 angesetzt. In Tabelle 17.2-6 sind die so ermittelten Gesamtemissionen und der Kraftstoffverbrauch des Flugverkehrs in Thüringen ausgewiesen.

Tabelle 17.2-6: Gesamtemissionen und Kraftstoffverbrauch des Flugverkehrs (bodennaher Flugverkehr(LTO) und Cruising) in Thüringen, Bezugsjahr 2000

	Kraftstoff in t/a	Emissionen in t/a						
		CO₂	CO	NO_x	NM VOC	SO₂	CH₄	N₂O
Flughafen								
LTO	719,0	2264,7	36,3	6,82	9,36	0,72	0,99	0,10
Cruising	1291,8	4069,3	20,8	16,87	2,34	1,29	0,25	0,19
Summe	2010,8	6334,0	57,1	23,7	11,7	2,01	1,23	0,29
Flugplätze								
LTO	1116,4	3516,7	958,8	6,6	14,09	1,12	0,78	0,11
Cruising	1717,1	5409,0	713,2	27,68	6,15	1,72	0,34	0,17
Summe	2833,5	8925,6	1699,0	34,28	20,24	2,83	1,12	0,27
Gesamt	4844,3	15259,6	1756,0	57,98	31,94	4,84	2,35	0,56

Tabelle 17.2-7 zeigt die Gegenüberstellung der Ergebnisse 2000 zu 1995.

Tabelle 17.2-7: Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und der Gesamtemissionen des Flugverkehrs (bodennaher Flugverkehr(LTO) und Cruising) in Thüringen zwischen 1995 und 2000

		<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
			<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NM VOC</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2000	LTO	1.835,4	5.781,4	1.022,1	13,4	23,4	1,8	1,8	0,2
	Cruising	3.009,0	9.478,2	733,9	44,6	8,5	3,0	0,6	0,4
	Gesamt	4.844,3	15.259,6	1.756,0	58,0	31,9	4,8	2,4	0,6
1995	LTO	2.265,2	7.135,4	700,1	23,7	19,1	2,3	1,5	0,3
	Cruising	3.900,0	12.285,1	493,7	64,7	6,4	3,9	0,5	0,5
	Gesamt	6.165,2	19.420,5	1.193,8	88,4	25,5	6,2	2,0	0,8
Veränderung	LTO	-19%	-19%	46%	-43%	23%	-19%	16%	-30%
	Cruising	-23%	-23%	49%	-31%	32%	-23%	24%	-32%
	Gesamt	-21%	-21%	47%	-34%	25%	-21%	18%	-31%

17.2.2 Schienenverkehr

Thüringen verfügt über ein Schienennetz von 1.974 km Länge, davon sind 996 km Hauptbahnen. Für die Schadstoffemissionen sind lediglich die Verkehre relevant, die mit Diesel bzw. Kohle betriebenen Lokomotiven oder Triebwagen erbracht werden.

Seitens der DB/AG wurden Angaben zur Fahrleistung und zum Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge pro eingesetzter Baureihe (für Streckenverkehr und Rangierdienst) für das Bezugsjahr 2000 zur Verfügung gestellt. Die Gesamtsummen für 2000 sind der Tabelle 17.2-8 zu entnehmen, ebenso der Vergleich zu den entsprechenden Werte für 1995.

Tabelle 17.2-8: Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch der dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebwagen in Thüringen, Bezugsjahr 2000, und Vergleich mit 1995

	<i>Fahrleistung in km/a</i>	<i>Kraftstoffverbrauch in t/a</i>
1995	22.450.770	54.490
2000	17.516.739	27.210
Veränderung	-22%	-50%

Anzumerken ist, dass nach Auskunft der DB/AG ein geringer Anteil (ca. 5%) der erfassten Fahrleistung (und des Kraftstoffverbrauchs) außerhalb von Thüringen erbracht wurde, dies aber nicht genauer quantifizierbar ist. Ebenso ist anzumerken, dass es außer der DB/AG mittlerweile auch noch andere Unternehmen gibt, die Fahrten in Thüringen erbringen. Dies sind die

- Erfurter Industriebahn GmbH,
- Süd-Thüringen-Bahn,
- Burgenlandbahn GmbH,
- Vogtlandbahn GmbH,
- Harzer Schmalspurbahnen GmbH.

Recherchen bei den entsprechenden Betreibern ergaben für das Jahr 2000 einen Kraftstoffverbrauch von ca. 1,3 kt/a für die Fahrleistung dieser Bahnen, die in Thüringen erbracht worden ist. Dies entspricht knapp 5% des in Tabelle 17.2-8 ausgewiesenen Kraftstoffverbrauchs der DB/AG. Es wird daher im Weiteren davon ausgegangen, dass diese beiden Einflüsse sich bezüglich des ausgewiesenen gesamten Kraftstoffverbrauchs kompensieren und die Daten in Tabelle 17.2-8 den gesamten Kraftstoffverbrauch durch dieselbetriebenen Schienenverkehr in Thüringen darstellen.

Zur Emissionsberechnung liegen für die einzelnen Fahrzeugbaureihen Emissionsfaktoren für NO_x , CO und OGD vor, die von der DB/AG für das Jahr 2000 zur Verfügung gestellt wurden und in der Tabelle 17.2-9 aufgeführt sind.

Die CO_2 -Emissionen wurden über den spezifischen Wert 3,16 kg CO_2 pro kg Kraftstoff ermittelt und für die SO_2 -Emissionen wurde der Wert 1 g/kg Kraftstoff angesetzt.

Zur Ermittlung der Methan-Emissionen wurde ein Anteil an den gesamten Kohlenwasserstoffemissionen (VOC) von 3,7% angesetzt. Der Emissionsfaktor für N_2O liegt bei 1,24 g pro kg Kraftstoff.

Mit diesen Werten ergeben sich die in Tabelle 17.2-10 angegebenen Schadstoffemissionen des Dieselbetriebs.

Tabelle 17.2-9: Emissionsfaktoren für dieselbetriebene Lokomotiven und Triebwagen

Baureihe	g / kg Kraftstoff		
	NMVOC	CO	NO _x
202	1,271	4,800	26,800
204	1,223	7,600	29,200
219	1,223	7,600	29,200
229	1,438	9,021	58,453
232 n. opt.	6,873	18,672	71,784
298	1,471	5,236	45,490
312	0,626	6,870	56,580
344	3,852	20,000	40,000
345	2,944	23,144	69,432
346	2,944	23,144	69,432
364	2,944	23,144	69,432
365	2,944	23,144	69,432
612	2,263	18,750	32,400
628.2	2,408	4,136	62,909
642	1,445	5,000	44,000
771	2,600	10,100	57,800
772	1,541	15,500	42,900

Tabelle 17.2-10: Schadstoffemissionen von dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebwagen 2000 in Thüringen

	Emissionen in t/a						
	CO ₂	CO	NO _x	NMVOC	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
Summe	85.984	253	1.130	52	27	2	34

Die Entwicklung der Fahrleistung, des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs in Thüringen zwischen 1995 und 2000 sind in den Tabellen 17.2-8 und 17.2-10 aufgeführt. Der Rückgang des Kraftstoffverbrauchs seit 1995 liegt bei 50%. Die Ursache hierfür ist zum einen bei dem Rückgang der Fahrleistung (-22%) zu sehen, der zusätzlich noch von der Abnahme der Verkehrsleistung insbesondere im Personenverkehr überlagert wird. Zum anderen hat sich die eingesetzte Fahrzeugflotte verändert hin zu verbrauchs- und emissionsärmeren Fahrzeugen. Die Reduktionen der Emissionen liegen für alle Schadstoffe, außer N₂O, im Bereich von -50% bis -80%. Die auffallende Änderung der N₂O-Emissionen wird überwiegend durch die Aktualisierung der Berechnungsgrundlage (Emissionsfaktor) verursacht und wird daher in der Tabelle 17.2-11 nicht ausgewiesen.

Tabelle 17.2-11: Vergleich der Schadstoffemissionen von Diesellokomotiven 1995 und 2000 in Thüringen

	Emissionen in t/a						
	CO ₂	CO	NO _x	NM _{VOC}	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
1995	172.189	776	2.706	162	136	6	7
2000	85.984	253	1.130	52	27	2	34
Veränderung	-50%	-67%	-58%	-68%	-80%	-67%	-

17.3 Gesamtsummen

Eine zusammenfassende Übersicht der ermittelten Beiträge der verschiedenen Verkehrsträger zu den Gesamtemissionen und dem Kraftstoffverbrauch ist Tabelle 17.3-1 zu entnehmen.

Tabelle 17.3-1: Gesamtemissionen und Kraftstoffverbrauch im Verkehrssektor in Thüringen und verkehrsträgerspezifische Anteile, Bezugsjahr 2000

	Kraftstoff in t/a	Emissionen in t/a und verkehrsträgerspezifische Anteile						
		CO ₂	CO	NO _x	NM _{VOC} *	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
Straße	1.486.379 97,9%	4.719.254 97,9%	80.998 97,6%	21.518 94,8%	10.402 99,2%	615 95,1%	615 99,3%	479 93,3%
Schiene	27.210 1,8%	85.984 1,8%	253 0,3%	1.130 5,0%	52 0,5%	27 4,2%	2 0,3%	34 6,6%
Flug	4.844 0,3%	15.260 0,3%	1.756 2,1%	58 0,3%	32 0,3%	5 0,7%	2 0,4%	1 0,1%
Summe	1.518.433	4.820.497	83.007	22.706	10.486	647	620	513

* bei Straße incl. Verdunstungsemissionen

Die Entwicklung der Gesamtemissionen und des Kraftstoffverbrauchs zwischen 1995 und 2000 ist in Tabelle 17.3-2 aufgeführt.

Tabelle 17.3-2: Entwicklung der Gesamtemissionen und des Kraftstoffverbrauchs zwischen 1995 und 2000 im Verkehrssektor in Thüringen

	Kraftstoff in t/a	Emissionen in t/a						
		CO ₂	CO	NO _x	NM _{VOC} *	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
2000	1.518.433	4.820.497	83.007	22.706	10.486	647	620	513
1995	1.479.818	4.697.452	128.903	33.388	26.215	2.081	1.302	466
Veränderung	2,6%	2,6%	-35,6%	-32,0%	-60,0%	-68,9%	-52,4%	10,0%

* bei Straße incl. Verdunstungsemissionen

Einer geringen Zunahme (+2,6%) des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen zwischen 1995 und 2000 stehen für die übrigen Schadstoffe, außer NO₂, Reduktionen im Bereich von –32% bis –69% gegenüber.

18 Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen im Bereich Verkehr bis 2005/2010

18.1 Straßenverkehr

18.1.1 Relevante Netzveränderungen

Eine relevante Erweiterung des Straßennetzes in Thüringen erfolgt mit dem Neubau der A71/A73, eines der sieben Fernstraßenprojekte im Rahmen der 1991 von der Bundesregierung aufgelegten “Verkehrsprojekte Deutsche Einheit”. Diese Fernstraße bildet eine bedeutsame Nord-Süd-Verbindung zwischen Erfurt und - mittels einer Gabelung - den fränkischen Zentren Schweinfurt/Würzburg (A71) bzw. Coburg/Bamberg (A73). Auf Thüringer Gebiet entfallen 129 km auf die A71 (ehemals A81) und 34 km auf die A73 /DEG 94a/.

Ferner ist in Ost-West-Richtung der Bau der A38 (ehemals A82) geplant, ebenfalls ein Projekt der “Verkehrsprojekte Deutsche Einheit”. Diese Maßnahme verbindet die Ballungsräume Göttingen/Kassel und Halle/Leipzig und stellt in der Verlängerung über die A7/A44 eine direkte Anbindung an das Ruhrgebiet dar. In Thüringen beträgt die Länge der Maßnahme 76 km /DEG 94b/.

Gemäß der Planungen soll bis zum Jahr 2005 die A38 komplett erstellt werden. Von der A71 bzw. A73 wird angestrebt, die Abschnitte zwischen der B7 und Suhl sowie halbseitig zwischen Suhl und Schleusingen bzw. zwischen dem geplanten Autobahndreieck und der B247 zu bauen.

Bis zum Jahr 2010 soll die A73 komplett zwischen der Landesgrenze zu Bayern und der A71 und die A71 zwischen der Landesgrenze zu Bayern und der B176 (Sömmerda) bestehen. Die für die Prognosen 2005 und 2010 zugrunde gelegten Längen sind der Tabelle 18.1-1 zu entnehmen.

Tabelle 18.1-1: Angenommene netzwirksame Längen der BAB-Neubaumaßnahmen in Thüringen für 2005 und 2010

BAB	Gesamtlänge in TH	Netzwirksam 2005	Netzwirksam 2010
A 38	76 km	100%	100%
A 71 (B176-AK)	40 km	20%	100%
A 71 (AK –AD Suhl)	59 km	100%	100%
A 71 (Suhl – LGr)	30 km	0%	100%
A 73	34 km	20%	100%

Für das untergeordnete klassifizierte Netz ist von keiner relevanten Netzerweiterung auszugehen. Allerdings ist durch den Bau von Ortsumgehungen, BAB-Zubringern und den Ausbau des vorhandenen Netzes eine allgemeine Veränderung im Verkehrsablauf zu erwarten (s. Kap. 17.1.2).

18.1.2 Ermittlung der Fahrleistungen

Zur Prognose der allgemeinen Verkehrsentwicklung von 2000 bis 2005/2010 wurden aktuell vorliegende Daten aus /HB 97, BMV 01, TLS 01/ herangezogen.

Die Entwicklung der Verkehrsstärken von 1995 bis 2000 kann den Ergebnissen der Straßenverkehrszählung 2000 entnommen werden. Auf den Autobahnen haben die Verkehrsstärken um 7% (Kfz) bzw. 15% (Güterverkehr) zugenommen. Auf den sonstigen Außerortsstraßen lagen die Zunahmen für Kfz ebenfalls bei ca. 7%, während für den Güterverkehr Abnahmen von –10% (Bundesstraßen) und –20% (Landesstraßen) ermittelt wurden. Eine Gegenüberstellung dieser Entwicklungsfaktoren mit den Prognosefaktoren, die in /TLU 01/ zur Prognose ausgehend vom Bezugsjahr 1995 angesetzt worden waren, zeigt, dass die prognostizierte Entwicklung für den Personenverkehr in /TLU 01/ sich durch die reale Entwicklung bestätigt hat, während für den Güterverkehr in /TLU 01/ deutlich höhere Zuwachsraten prognostiziert wurden als sich in der Realität eingestellt haben. Anzumerken hierzu ist, dass den Prognosefaktoren für den Güterverkehr in /TLU 01/ ein starkes Wirtschaftswachstum unterlegt war, das sich in der Realität in den letzten Jahren nicht eingestellt hat.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Entwicklung in den Jahren 1995 bis 2000

wurden für die Prognosen 2005 und 2010 ausgehend von den Prognosedaten in /TLS 01, HB 97/ die im folgenden beschriebenen Entwicklungsfaktoren ermittelt.

Für die Autobahnen (A4 und A9) wurde die Entwicklung der Kfz-Verkehrsbelastungen aus den Daten der Verkehrsprognose Thüringen 2015 /TLS 01/ abgeleitet. Es wurden daraus Entwicklungsfaktoren von 2000 bis 2005 bzw. 2010 für den Personenverkehr ermittelt. Für den Güterverkehr wurde zur Ermittlung der Entwicklungsfaktoren zusätzlich die Prognose aus /HB 97/ herangezogen, unter Berücksichtigung der realen Entwicklung seit 1995.

Für die übrigen Straßen wurde die Prognose der Verkehrsentwicklung für Thüringen differenziert nach Personen- und Güterverkehr /HB 97/ entnommen. Für den Güterverkehr wurden die Prognosewerte aus /HB 97/ angesetzt, die über Analogiebetrachtungen mit Hilfe von Prognosefunktionen für die alten Bundesländern ermittelt worden waren und gegenüber den früher verwendeten Werten /TLU 01/ somit eine deutlich gedämpftere Entwicklung unterstellen.

Die Entwicklungsfaktoren für den Personenverkehr und den Güterverkehr von 2000 bis 2005 bzw. 2010 in Thüringen sind in Tabelle 18.1-2 zusammengestellt.

Tabelle 18.1-2: Entwicklungsfaktoren für den Personen- und Güterverkehr in Thüringen bezogen auf 2000

	2005		2010	
	PV	GV	PV	GV
BAB	+10,0%	+10,4%	+20,0%	+20,0%
Sonst. Außerorts	+5,8%	+5,8%	+7,9%	+10,8%
Innerorts	+4,5%	-2,7%	+6,2%	-6,5%

Demnach kommt es auf den Autobahnen (BAB) zu einer Zunahme der Verkehrsstärken bis 2005 bzw. 2010 von 10% bzw. 20% im Personenverkehr. Die prognostizierten Entwicklungsfaktoren für den Güterverkehr liegen in der gleichen Höhe. Auf den sonstigen Außerortsstraßen liegen die prognostizierten Zuwachsraten bei 6% bzw. 8% für den Personenverkehr und bei 6% bzw. 11% für den Güterverkehr. Innerorts wird für den Personenverkehr mit 5% bzw. 6% die geringste Zunahme prognostiziert, während für den Güterverkehr in den innerörtlichen Bereichen ein Rückgang von -3% bzw. -7% vorausgesagt wird.

Die für den Personenverkehr und den Güterverkehr prognostizierte Entwicklung wurde mit den Prognosewerten aus /BMV 01/ auf Plausibilität überprüft, wobei zu beachten war, dass in /BMV 01/ nur bundesmittlere Daten angegeben sind.

Die Zuwachsraten des Personenverkehrs wurden auf die Fahrzeuggruppen Pkw und Kräder angesetzt, die des Güterverkehrs auf die Fahrzeuggruppe der schweren Nutzfahrzeuge. Den leichten Nutzfahrzeugen wurde ein bestandsgewichtetes Mittel der Zuwachsraten zugrunde gelegt.

Durch den Bau der BAB-Strecken ist von einer Verlagerung der Verkehrsmengen auszugehen. Dabei werden sowohl Verkehre zwischen Autobahnen als auch Verkehre vom untergeordneten Netz auf das BAB-Netz verlagert. Die Zielquerschnittsbelastungen der Neubaubabschnitte wurden aus den Prognoseverkehrsbelastungen aus /TLS 01/ abgeleitet. Die daraus resultierenden Querschnittsbelastungen auf den Abschnitten der sonstigen Straßen wurden auf Plausibilität geprüft.

18.1.3 *Beschreibung des Verkehrsablaufs*

Aufgrund des Neubaus sowie des kompletten Ausbaus der bestehenden BAB-Trassen auf 3 Fahrstreifen je Richtung ist bis zum Jahr 2010 von einer weiteren Verbesserung des Verkehrsablaufs im BAB-Netz auszugehen. Dieser wurde für die betroffenen BAB-Streckenabschnitte durch eine entsprechende Veränderung der Geschwindigkeitsklassenverteilung (Minderung der Anteile mit geringen Fahrgeschwindigkeiten) berücksichtigt.

Im sonstigen Straßennetz ist bis zum Jahr 2010 weiterhin von unterschiedlichen Verkehrssituationen auszugehen. Entlastungswirkungen aufgrund realisierter Baumaßnahmen mit Erhöhungen der durchschnittlichen Geschwindigkeiten stehen gezielten Umgestaltungs- und Rückbaumaßnahmen gegenüber, die den Geschwindigkeitszuwachs, zumindest lokal, drosseln sollen.

Vor allem werden voraussichtlich noch während der gesamten Zeitspanne zahlreiche Baustellen beachtlichen Einfluss auf das Verkehrsgeschehen nehmen. Daher wird eine allgemeine Kompensationswirkung aller Einflüsse unterstellt und die Geschwindigkeitsverteilung sowohl auf den außerörtlichen als auch auf den innerörtlichen Abschnitten beibehalten.

18.1.4 Prognose der kraftfahrzeugspezifischen Grundlagen

Im Wesentlichen stützen sich die Annahmen zur fahrzeugspezifischen Emissionsentwicklung auf das “Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs” /INF 99/. Die derzeitige Version 1.2 des Handbuchs berücksichtigt in seiner Verkehrszusammensetzung bis zum Prognosejahr 2020 für alle Fahrzeugarten die in den stufenweisen EU-Abgasgesetzgebungen beschlossenen Emissionsstufen EURO1 bis EURO4 bzw. EURO5.

Des weiteren wurde in Anlehnung an /INF 99/ eine jährliche Kraftstoffverbrauchsreduktion bei Neuzulassungen von Pkw und Lnfr um -1%, bezogen auf die Neuwagen des Vorjahrs, angesetzt. Für sNfr wird ab 1996 eine Abnahme des Kraftstoffverbrauchs um 5% für die Neufahrzeuge im Vergleich zu den Fahrzeugen der Schicht „80er Jahre“ angesetzt.

Die Annahmen bezüglich der Verbesserung der Kraftstoffqualität (Tabelle 18.1-3) und somit zur Verringerung der Emissionen wurden in Anlehnung an /INF 99/ und die 10. BImSchV festgelegt.

Tabelle 18.1-3: Annahmen für die Entwicklung der kraftstoffbezogenen Kenngrößen

	Bezugsjahr	2000	2005	2010
Otto	S-Gehalt [Gew.%]	0,014	0,005	0,001
	Benzolgehalt [Vol.%]	1,0	1,0	1,0
	Aromate [Vol.%]	40	35	35
Diesel	S-Gehalt [Gew.%]	0,03	0,005	0,001

Aus den unterstellten Fahrleistungsentwicklungen und den jeweiligen fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren, die für die Prognosejahre 2005 und 2010 ermittelt worden waren, ergeben sich die in Tabelle 18.1-4 bis 18.1-7 und den Bildern 18.1-1 bis 18.1-2 dargestellten Kraftstoffverbräuche und Schadstoffemissionen.

Tabelle 18.1-4: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2005, differenziert nach Straßenklassen

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Straßenklassenspezifische Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
Autobahnen	586.602	1.862.461	8.010	7.624	820	59	61	115
Bundesstraßen	415.961	1.320.676	12.053	3.896	1.088	42	81	119
Landesstraßen	329.295	1.045.513	9.712	2.941	838	33	66	100
übrige Straßen	316.092	1.003.592	20.965	2.205	2.040	32	104	65
Gesamt	1.647.950	5.232.242	50.740	16.667	4.786	165	312	398

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 18.1.5)

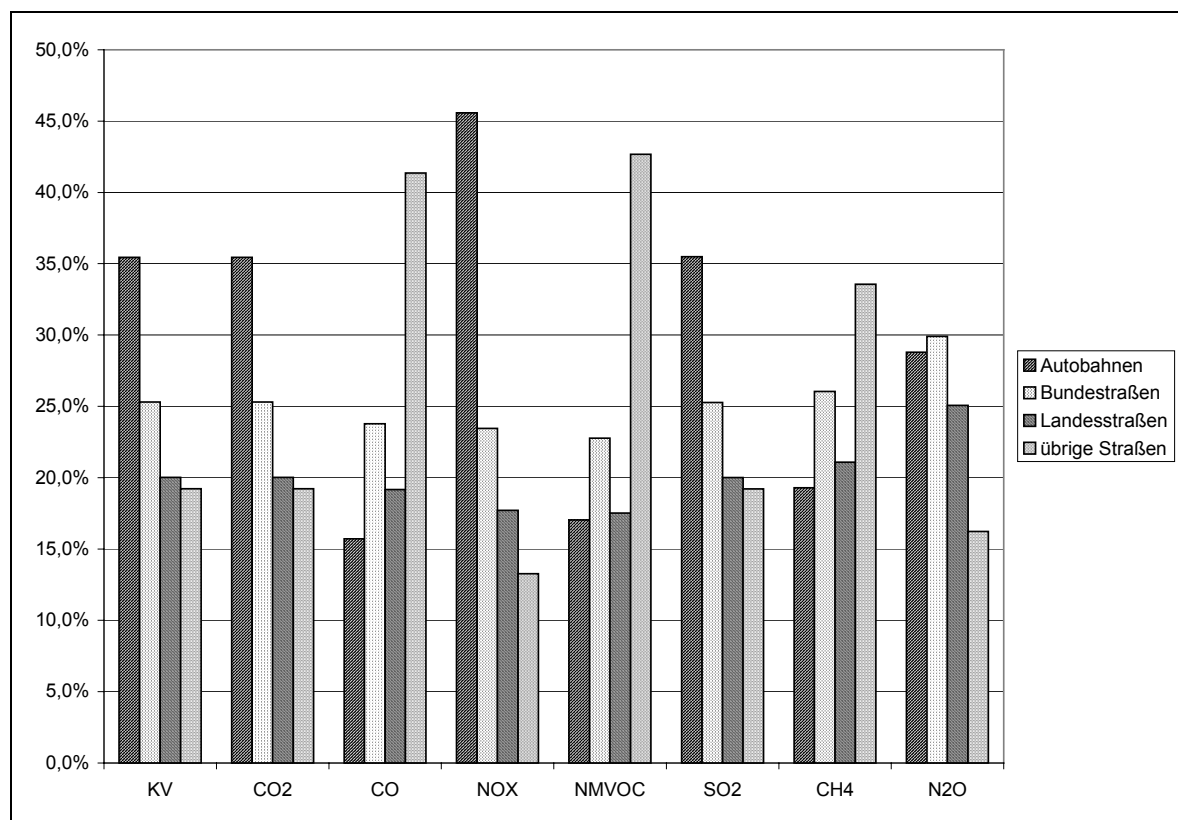


Bild 18.1-1: Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch in 2005

Tabelle 18.1-5: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2005, differenziert nach Fahrzeugarten

	<i>Kraftstoff</i>	<i>Emissionen in t/a und Anteile der Fahrzeugarten</i>						
	<i>in t/a</i>	<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
Kfz	1.647.950	5.232.242	50.740	16.667	4.786	165	312	398
Pkw	61,3%	61,3%	87,6%	29,7%	52,3%	61,2 o/	77,3%	79,2%
Krad	0,6%	0,6%	7,6%	0,3%	15,4%	0,6%	10,2%	0,4%
Infz	3,9%	3,9%	1,1%	2,7%	1,3%	4,0%	0,8%	1,6%
sNfz	34,2%	34,2%	3,7%	67,3%	31,0%	34,2 o/	11,7%	18,7%

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 18.1.5)

Tabelle 18.1-6: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2010, differenziert nach Straßenklassen

	<i>Kraftstoff</i>	<i>Straßenklassenspezifische Emissionen in t/a</i>						
	<i>in t/a</i>	<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
Autobahnen	719.929	2.285.775	7.283	5.843	816	14	60	117
Bundesstraßen	401.521	1.274.830	8.014	2.411	731	8	57	85
Landesstraßen	326.013	1.035.091	6.600	1.871	568	7	47	72
übrige Straßen	308.646	979.950	13.891	1.420	1.321	6	73	46
Gesamt	1.756.109	5.575.647	35.787	11.546	3.436	35	238	319

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 18.1.5)

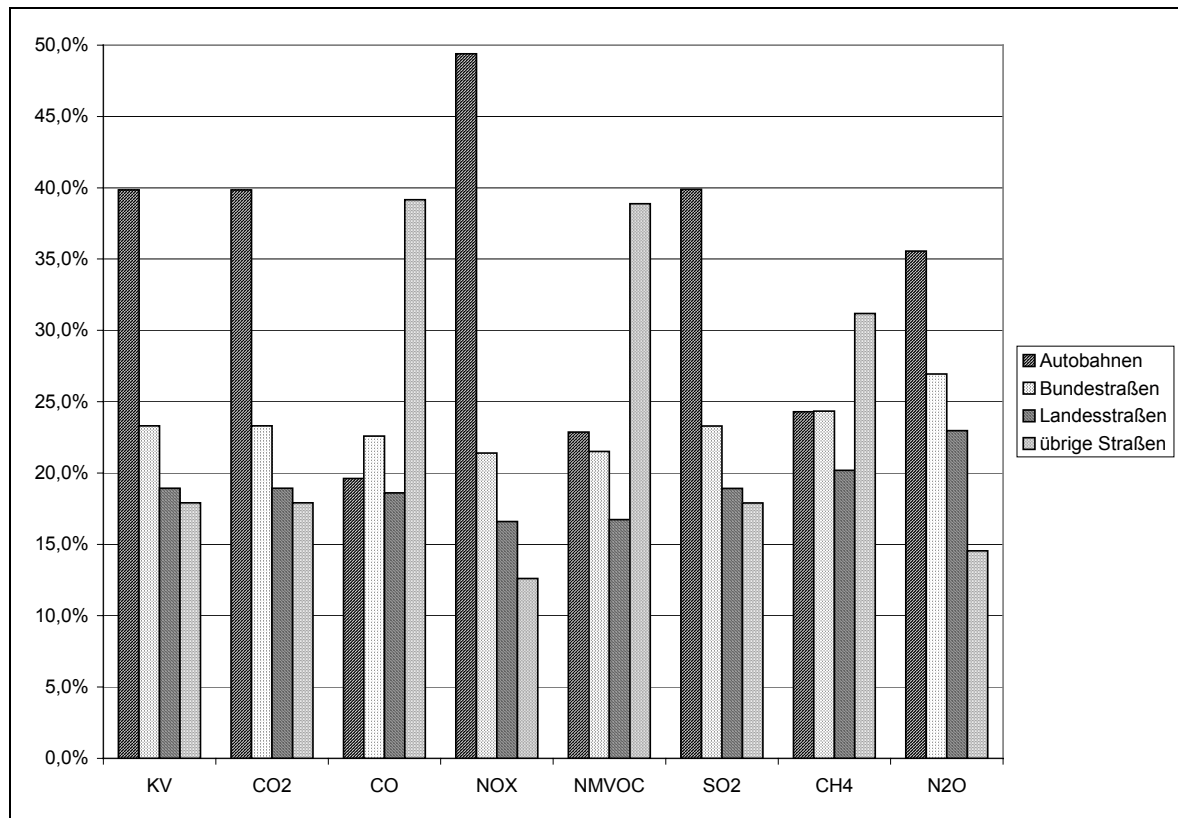


Bild 18.1-2: Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch in 2010

Tabelle 18.1-7: Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2010, differenziert nach Fahrzeugarten

	Kraftstoff	Emissionen in t/a und Anteile der Fahrzeugarten						
	in t/a	CO ₂	CO	NO _X	NMVOC	SO ₂	CH ₄	N ₂ O
Kfz	1.756.109	5.575.647	35.787	11.546	3.436	35	238	319
Pkw	58,9%	58,9%	87,5%	30,4%	47,4%	58,8%	74,6%	70,9%
Krad	0,6%	0,6%	7,4%	0,4%	13,3%	0,6%	11,1%	0,5%
Infz	3,8%	3,8%	1,3%	3,1%	1,3%	3,9%	0,9%	2,1%
sNfz	36,7%	36,7%	3,8%	66,1%	37,9%	36,7%	13,5%	26,5%

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 18.1.5)

Die Veränderungsdaten gegenüber 2000 sind für den Kraftstoffverbrauch und die Emissionen den Bildern 18.1-3 bis 18.1-6 und Tabelle 18.1-7 zu entnehmen. Zusätzlich ist in Tabelle 18.1-8 auch die Entwicklung bezogen auf 1995 aufgeführt.

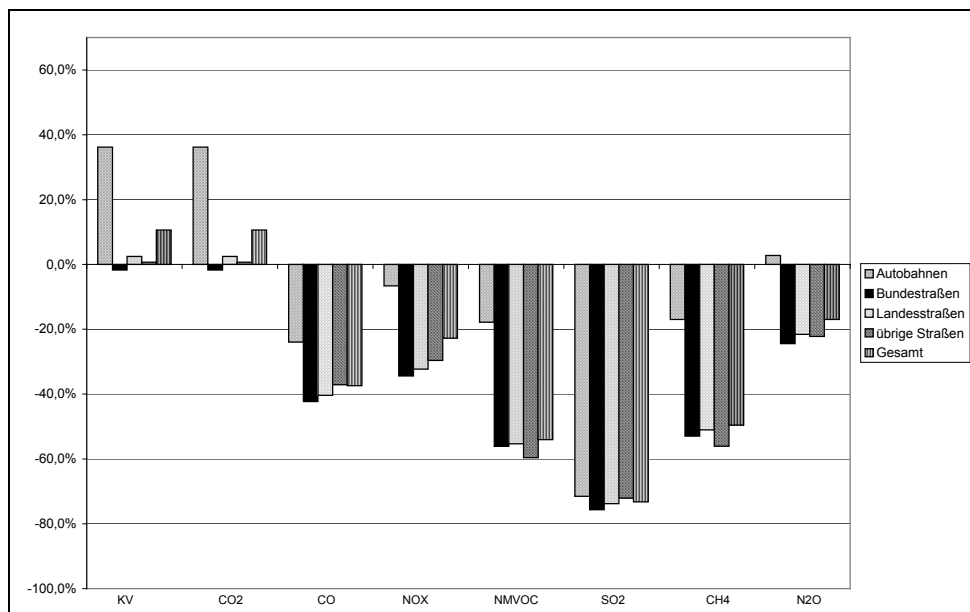


Bild 18.1-3: *Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2005 gegenüber 2000, differenziert nach Straßenklassen*

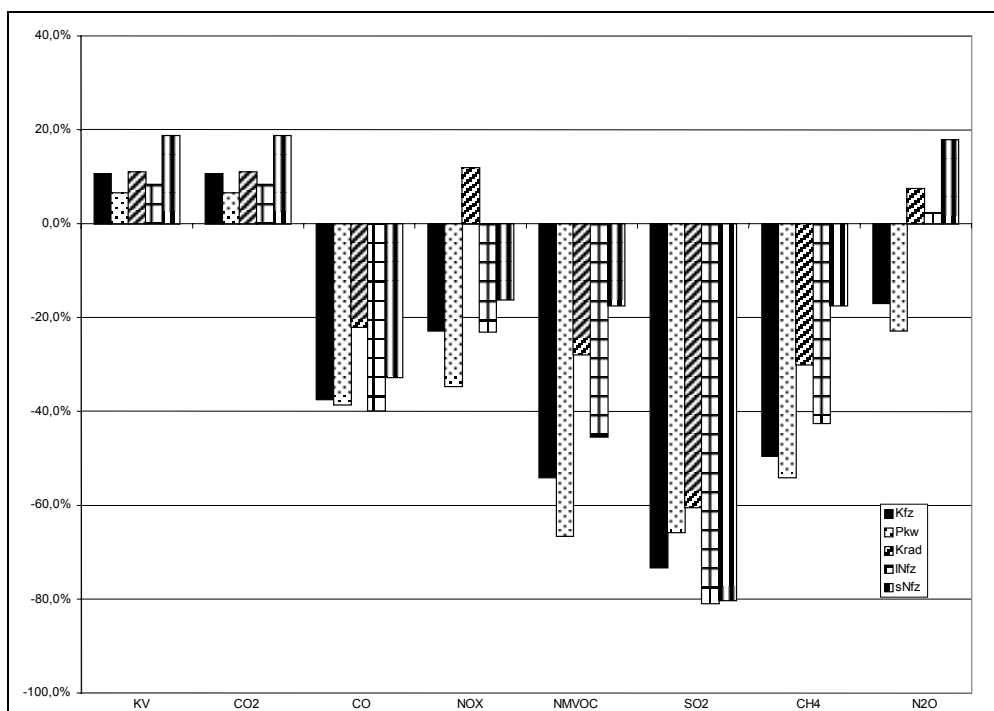


Bild 18.1-4: *Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2005 gegenüber 2000, differenziert nach Fahrzeugarten*

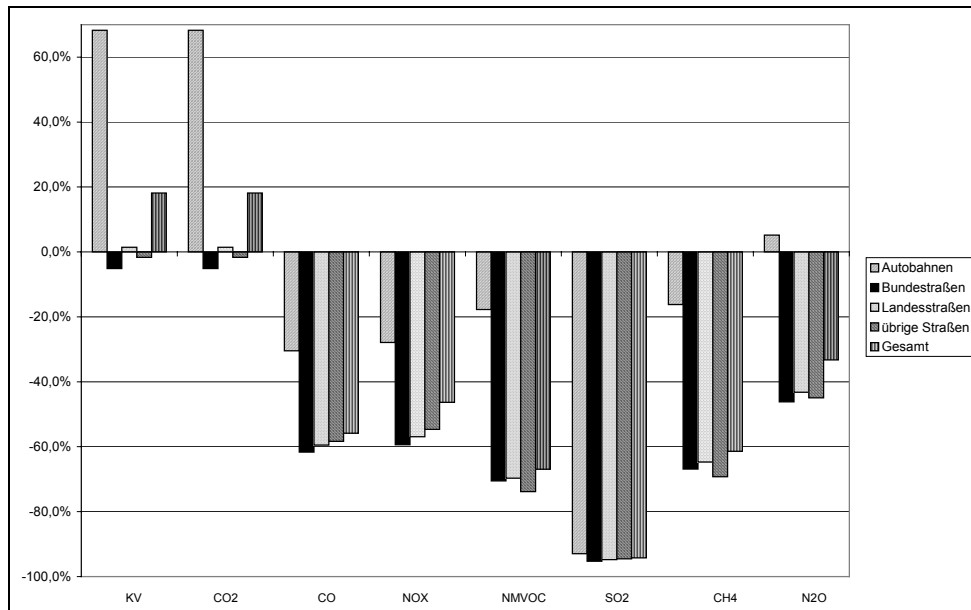


Bild 18.1-5: *Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2010 gegenüber 2000, differenziert nach Straßenklassen*

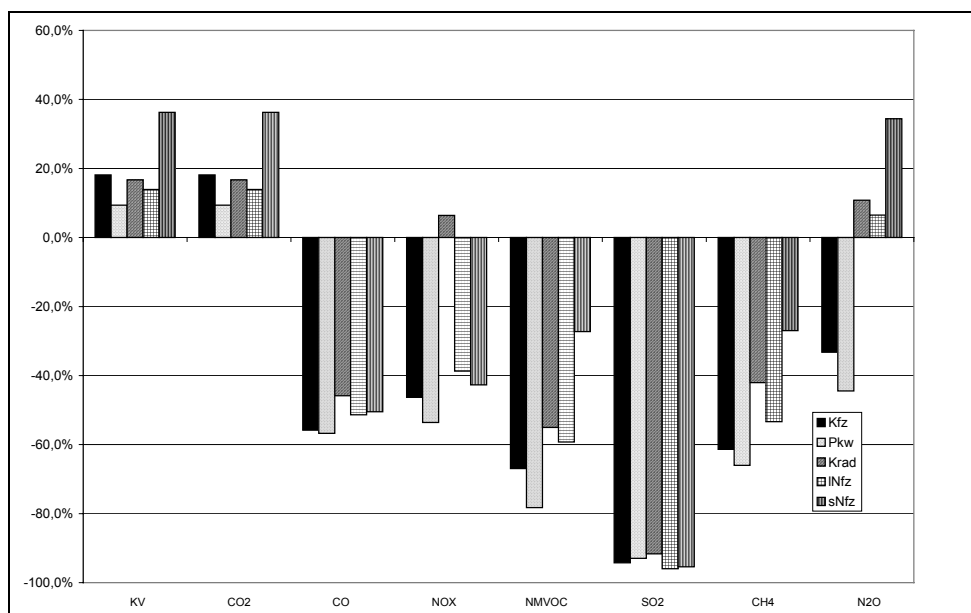


Bild 18.1-6: *Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2010 gegenüber 2000, differenziert nach Fahrzeugarten*

Tabelle 18.1-8: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen

	<i>Kraftstoff</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
	<i>in t/a</i>	<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NMVOC*</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2000	1.486.379	4.719.25	80.998	21.518	10.402	615	615	479
2005 zu 2000	10,9%	10,9%	-37,4%	-22,5%	-54,0%	-73,2%	-49,3%	-16,8%
2010 zu 2000	18,1%	18,1%	-55,8%	-46,3%	-67,0%	-94,3%	-61,4%	-33,2%
1995	1.419.163	4.505.843	126.933	30.594	26.027	1.938	1.293	459
2000 zu 1995	4,7%	4,7%	-36,2%	-29,7%	-60,0%	-68,3%	-52,4%	4,2%
2005 zu 1995	16,1%	16,1%	-60,0%	-45,5%	-81,6%	-91,5%	-75,9%	-13,3%
2010 zu 1995	23,7%	23,7%	-71,8%	-62,3%	-86,8%	-98,2%	-81,6%	-30,4%

* incl. Verdunstungsemissionen (siehe auch Kap. 18.1.5)

Für die Jahre 2005 und 2010 werden für den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen im Straßenverkehr in Thüringen Zunahmen um +11% bzw. +18% bezogen auf 2000 prognostiziert, wobei die größten Zunahmen für die Autobahnen ermittelt wurden (vgl. Bilder 18.1-3 und 18.1-5). Für die übrigen Schadstoffe werden dagegen Abnahmen prognostiziert, die bezogen auf das Jahr 2000 je nach Schadstoff im Bereich von –17% bis –73% für das Jahr 2005 bzw. im Bereich von –33% bis –94% für das Jahr 2010 liegen.

18.1.5 OGD-Verdunstungsemissionen

Die für die Jahre 2005 und 2010 ermittelten NMVOC-Verdunstungsemissionen sind in der Tabelle 18.1-9 aufgeführt.

Tabelle 18.1-9: NMVOC-Verdunstungsemissionen 2005 und 2010 in Thüringen

	<i>Emissionen in t/a</i>					
	<i>Pkw</i>		<i>INfz</i>		<i>Krad</i>	
2005	458	73,1%	10	1,6%	159	25,4%
2010	306	73,6%	6	1,4%	104	25,0%
					<i>Summe</i>	
					627	
					416	

Zusätzlich findet sich in Tabelle 18.1-10 eine Darstellung der Entwicklung der NMVOC-Emissionen bezogen auf 2000 und 1995. Durch die verstärkte Einführung von Aktiv-Kohle-

filtern kommt es trotz Zunahme des Fahrzeugbestands zu signifikanten Abnahmen der Verdunstungsemissionen.

Tabelle 18.1-10: Entwicklung der Verdunstungsemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen

	Emissionen in t/a							
	Pkw		Infz		Krad		Summe	
2000	1.368	82,8%	20	1,2%	265	16,0%	1.653	
2005 zu 2000	-66,5%		-51,4%		-40,0%		-62,1%	
2010 zu 2000	-77,6%		-70,2%		-60,8%		-74,8%	
1995	4.080	92,6%	76	1,7%	251	5,7%	4.407	
2000 zu 1995	-66,5%		-73,7%		5,5%		-62,5%	
2005 zu 1995	-88,8%		-87,2%		-36,7%		-85,8%	
2010 zu 1995	-92,5%		-92,2%		-58,6%		-90,6%	

18.2 Sonstige relevante Verkehrsträger

18.2.1 Flugverkehr

Die Prognose der Flugbewegungen für den Flughafen Erfurt wurde in Abstimmung mit dem TMWAI aus der Prognose der Flugbewegungen in /TLU 02/ abgeleitet. Danach wird für den Flughafen Erfurt zukünftig von einer deutlichen Zunahme der Flugbewegungen (bis 2005 +110% bzw. bis 2010 +220% bezogen auf 2000) ausgegangen. Für die Flugplätze liegen keine Prognosedaten vor, und es wurde unterstellt, dass die Verhältnisse von 2000 auch für die Prognosejahre angesetzt werden können.

Die spezifischen Emissionsfaktoren für die Prognosejahre wurden analog zu denen des Analysejahrs 2000 ermittelt, wobei erwartete Reduktionen beim spezifischen Kraftstoffverbrauch und den Emissionsraten berücksichtigt wurden.

Die Vorgehensweise zur Abschätzung des Anteils aus Cruising am Kraftstoffverbrauch und an den Emissionen wurde unverändert aus dem Analysejahr 2000 auf die Prognosejahre übertragen.

Insgesamt wurden die in Tabelle 18.2-1 aufgeführten Kraftstoffverbräuche und Emissionen

des gesamten Flugverkehrs (Flughafen und Flugplätze) für Thüringen für die Prognosejahre 2005 bzw. 2010 ermittelt.

Tabelle 18.2-1: Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des gesamten Flugverkehrs (Cruising und LTO) für 2005 und 2010 in Thüringen

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NM VOC</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2005	6.832,4	21.521,9	1.816,8	80,6	43,2	6,1	3,5	0,8
2010	8.615,8	27.139,9	1.875,5	100,4	52,9	6,9	4,5	1,1

Die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen des gesamten Flugverkehrs seit 2000 (und 1995) ist in Tabelle 18.2-2 aufgeführt.

Tabelle 18.2-2: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des gesamten Flugverkehrs (Cruising und LTO) in Thüringen

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NM VOC</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2000	4.844,3	15.259,6	1.756,0	58,0	31,9	4,8	2,4	0,6
2005 zu 2000	41,0%	41,0%	3,5%	39,0%	35,4%	27,0%	50,4%	51,8%
2010 zu 2000	77,9%	77,9%	6,8%	73,1%	65,7%	42,4%	93,0%	97,4%
1995	6.165,2	19.420,5	1.193,8	88,4	25,5	6,2	2,0	0,8
2000 zu 1995	-21,4%	-21,4%	47,1%	-34,4%	25,1%	-21,4%	17,7%	-31,3%
2005 zu 1995	10,8%	10,8%	52,2%	-8,8%	69,3%	-0,3%	76,8%	3,6%
2010 zu 1995	39,7%	39,7%	57,1%	13,6%	107,2%	11,8%	126,9%	34,7%

Bezogen auf das Analysejahr 2000 nehmen der Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen bis 2005 um 41% und bis 2010 um 78% zu. Entsprechend nehmen auch die Emissionen der sonstigen Schadstoffe zu, wobei diese Zunahmen je nach Schadstoff unterschiedlich hoch ausfallen in Abhängigkeit davon, welchen Anteil der Flughafen Erfurt bzw. die sonstigen Flugplätze an den Emissionen haben. Bezogen auf 1995 fallen die Zunahmen des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen geringer aus, da der Kraftstoffverbrauch 1995 ca. 30% höher lag als 2000.

18.2.2 Schienenverkehr

Zur Prognose der Fahrleistung im dieselbetriebenen Schienenverkehr in Thüringen stehen Informationen der DB/AG und Daten des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Infrastruktur (TMWAI) zur Verfügung.

Seitens der DB/AG wurde eine Prognose der Fahrleistung (differenziert nach Baureihen) des Personenverkehrs und des Güterverkehrs mit dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebwagen für das Jahr 2005 zur Verfügung gestellt. Danach wird eine geringfügige Zunahme der Fahrleistung (+3,8%) zwischen 2000 und 2005 prognostiziert, wobei diese sich aus einer Zunahme im Personenverkehr um 6% und einer Abnahme des Güterverkehrs um 17% zusammensetzt. Im Personenverkehr werden 2005 nur noch moderne Triebwagen eingesetzt. Des weiteren wird nach Aussage der DB/AG für den Güterverkehr langfristig (d.h. bis 2010) aufgrund der Wirkungen zukünftiger Entwicklungen wie z.B. die Einführung der Lkw-Maut eine Zunahme der Fahrleistung erwartet.

Nach den Daten des TMWAI hat das Land Thüringen durch langfristige Verkehrsverträge mit Eisenbahnunternehmen Verkehrsleistungen im Personennahverkehr vertraglich vereinbart, die für die Zukunft geringe Zunahmen aufweisen (bis 2005 +2% und bis 2010 +7% bezogen auf 2000).

Hinsichtlich der eingesetzten Triebwagen und Lokomotiven kann nach Auskunft der DB/AG davon ausgegangen werden, dass sich zwischen 2005 und 2010 keine weiteren gravierenden Veränderungen einstellen, so dass diesbezüglich für 2010 von den gleichen Verhältnissen ausgegangen werden kann wie für 2005.

Der Anteil der NE-Bahnen an der gesamten Fahrleistung wird nach Auskunft des TMWAI zukünftig etwa gleich bleiben, so dass die Berücksichtigung deren Fahrleistung analog zur Vorgehensweise für das Analysejahr 2000 erfolgt.

Aufgrund der aufgeführten Annahmen wurde die Fahrleistung des dieselbetriebenen Schienenverkehrs für 2005 und 2010 prognostiziert und liegt bei +4% bzw. +9% bezogen auf 2000.

Bei der Berechnung der Emissionen wurde die Entwicklung der Kraftstoffqualität (Schwefelgehalt) analog zum Straßenverkehr unterstellt.

Die ermittelten Kraftstoffverbräuche und Emissionen für die Jahre 2005 und 2010 sind in Tabelle 18.2-3 aufgeführt.

Tabelle 18.2-3: Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs 2005 und 2010 in Thüringen

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NM_{VOC}</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2005	15.226,5	48.115,8	218,7	740,0	37,4	1,5	1,4	18,9
2010	16.182,2	51.135,7	234,4	790,6	40,0	0,3	1,5	20,1

Die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen seit 2000 (bzw. 1995) ist in Tabelle 18.2-4 dargestellt.

Tabelle 18.2-4: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs in Thüringen

	<i>Kraftstoff in t/a</i>	<i>Emissionen in t/a</i>						
		<i>CO₂</i>	<i>CO</i>	<i>NO_x</i>	<i>NM_{VOC}</i>	<i>SO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>
2000	27.210,3	85.984,4	252,9	1.129,6	52,3	27,2	2,0	33,7
2005 zu 2000	-44,0%	-44,0%	-13,5%	-34,5%	-28,6%	-94,4%	-28,6%	-44,0%
2010 zu 2000	-40,5%	-40,5%	-7,3%	-30,0%	-23,6%	-98,8%	-23,6%	-40,5%
1995	54.490,0	172.189,0	776,0	2.706,0	162,0	136,0	6,0	7,0
2000 zu 1995	-50,1%	-50,1%	-67,4%	-58,3%	-67,7%	-80,0%	-66,5%	-
2005 zu 1995	-72,1%	-72,1%	-71,8%	-72,7%	-76,9%	-98,9%	-76,1%	-
2010 zu 1995	-70,3%	-70,3%	-69,8%	-70,8%	-75,3%	-99,8%	-74,4%	-

Insgesamt werden bezogen auf das Jahr 2000 Abnahmen des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen ermittelt, die sich trotz der geringfügigen Zunahme der Fahrleistung aufgrund der Veränderung bei den eingesetzten Triebwagen und Lokomotiven hin zu verbrauchs- und emissionsärmeren Fahrzeugen ergeben. Zwischen 2005 und 2010 werden geringfügige Zunahmen des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen prognostiziert analog zu der Zunahme der Fahrleistung, da zwischen 2005 und 2010 keine weiteren Veränderungen in der Fahrzeugflotte erwartet werden.

18.3 Gesamtsummen

Eine Übersicht der ermittelten Beiträge sowie die Gesamtsummen des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des Straßen-, Schienen- und Flugverkehrs in Thüringen für die Prognosejahre 2005 und 2010 sind den Tabellen 18.3-1 und 18.3-2 zu entnehmen. Die Veränderungsrate der einzelnen Schadstoffe bezogen auf die Jahre 2000 bzw. 1995 sind in den Bildern 18.3-1 und 18.3-2 dargestellt.

Tabelle 18.3-1: Gesamtsummen und verkehrsträgerspezifische Beiträge zum Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffemissionen für Thüringen in 2005

	Kraftstoff	Emissionen in t/a						
	in t/a	CO₂	CO	NO_x	NMVOC*	SO₂	CH₄	N₂O
Straße	1.647.950 98,7%	5.232.242 98,7%	50.740 96,1%	16.667 95,3%	4.786 98,3%	165 95,6%	312 98,4%	398 95,3%
Schiene	15.227 0,9%	48.116 0,9%	219 0,4%	740 4,2%	37 0,8%	2 0,9%	1 0,5%	19 4,5%
Flug	6.832 0,4%	21.522 0,4%	1.817 3,4%	81 0,5%	43 0,9%	6 3,6%	4 1,1%	1 0,2%
Gesamt	1.670.009	5.301.879	52.775	17.487	4.867	173	317	418

* bei Straße incl. Verdunstungsemissionen

Tabelle 18.3-2: Gesamtsummen und verkehrsträgerspezifische Beiträge zum Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffemissionen für Thüringen in 2010

	Kraftstoff	Emissionen in t/a						
	in t/a	CO₂	CO	NO_x	NMVOC*	SO₂	CH₄	N₂O
Straße	1.756.109 98,6%	5.575.647 98,6%	35.787 94,4%	11.546 92,8%	3.436 97,4%	35 83,0%	238 97,5%	319 93,8%
Schiene	16.182 0,9%	51.136 0,9%	234 0,6%	791 6,4%	40 1,1%	0 0,8%	2 0,6%	20 5,9%
Flug	8.616 0,5%	27.140 0,5%	1.875 4,9%	100 0,8%	53 1,5%	7 16,3%	5 1,9%	1 0,3%
Gesamt	1.780.907	5.653.922	37.897	12.437	3.528	42	244	341

• bei Straße incl. Verdunstung

Insgesamt ergeben sich Zunahmen des Kraftstoffverbrauchs von 10% bis 2005 bzw. 15% bis 2010 bezogen auf 2000, wobei der Anteil des Straßenverkehrs bei knapp 99% liegt. Die zukünftig weiter verschärften Abgasgrenzwerte bewirken dennoch einen Rückgang der Emissionen der Schadstoffe CO, NO_x, NMVOC, SO₂, Methan und N₂O.

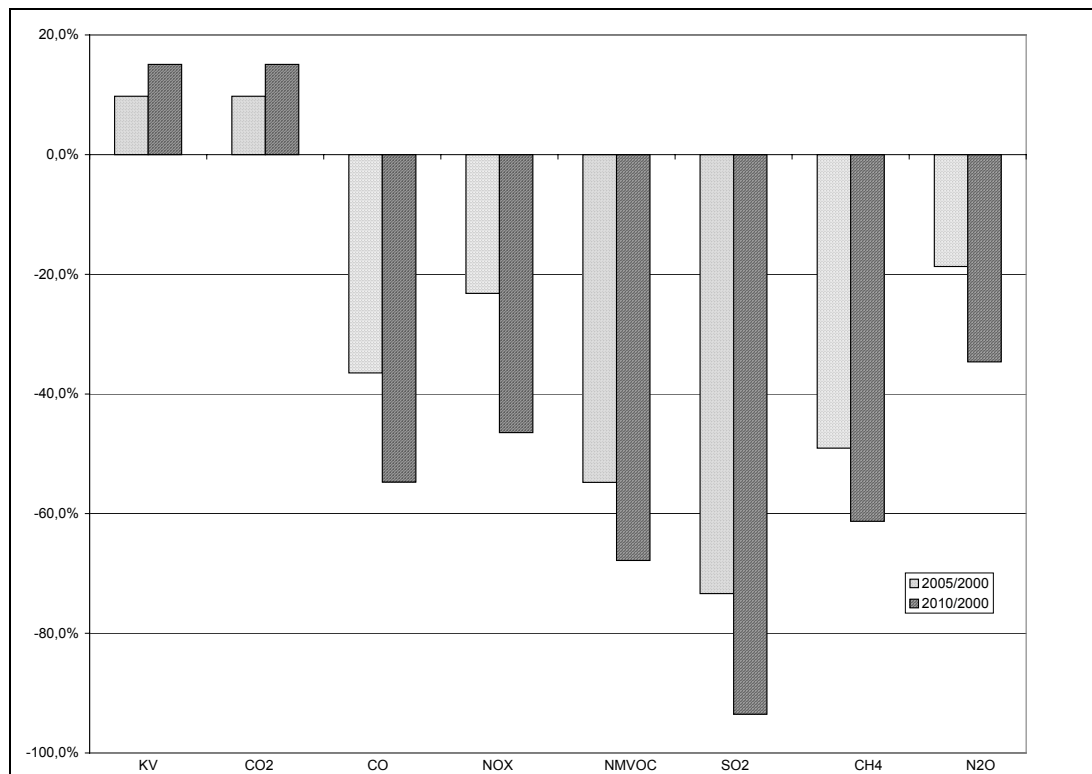


Bild 18.3-1: *Veränderungsraten 2005 bzw. 2010 für den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen in Thüringen bezogen auf 2000*

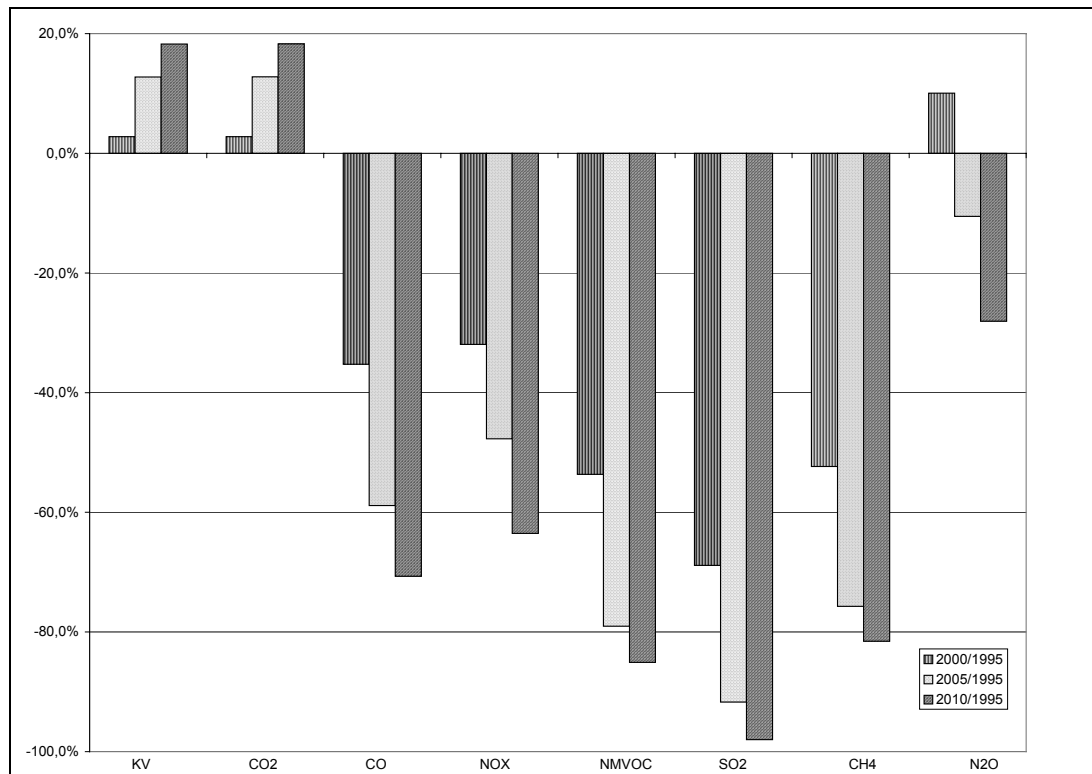


Bild 18.3-2: *Veränderungsraten 2005 bzw. 2010 für den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen in Thüringen bezogen auf 1995*

19 Treibhausgas-Emissionen durch Land- und Forstwirtschaft und ihre Entwicklung bis 2005 / 2010

19.1 Treibhausgas-Emissionen Nutztierhaltung

Die Land- und Forstwirtschaft stellt eine wesentliche Quelle sowohl für anthropogene als auch für natürliche THG-Emissionen dar, wobei eine strikte Trennung zwischen beiden in den meisten Fällen nicht möglich ist. THG-Emissionen der Landwirtschaft sind sowohl durch die Nutztierhaltung als auch durch die Bodenbewirtschaftung bedingt. Als relevante Treibhausgase der Viehhaltung sind CH₄, CO₂, und NH₃ zu betrachten. Stoffwechselbedingte CO₂-Emissionen sind als Teil des Kohlenstoffkreislaufes als natürliche Emissionen einzustufen.

Für den Nutztierbestand des Freistaates Thüringen sind in Tabelle 19.1-1 die Ergebnisse der Viehzählung 2001 angegeben. Da die Entwicklung der Marktbedingungen schwer abzuschätzen ist, wird auch in den kommenden Jahren ein gleichbleibender Viehbestand angenommen.

Tabelle 19.1-1: Nutztviehbestand Thüringens 2001 /THÜ 02/

<i>Tiere</i>	<i>Anzahl 2001</i>
Rinder	390.421
Kälber unter 6 Monate	56.737
Jungrinder (6-12 Monate)	52.830
Jungrinder (12-24 Monate)	76.726
Färsen	69.269
Milchkühe	134.859
Schweine	686.860
davon Ferkel	151.042
Schafe	238.597
Pferde	8.618
Geflügel	4.951.108
Großvieheinheiten	417.494

CH₄-Emissionen aus der Nutztierhaltung

Bei der Nutztierhaltung entstehen CH₄-Emissionen durch die enterische Fermentation (Verdauung) von Cellulose und Pektinen im Pansen von Wiederkäuern und beim anaeroben Abbau von organischen Bestandteilen tierischer Exkreme.

Für die Abschätzung der stoffwechselbedingten CH₄-Emission der Nutztierhaltung Thüringens wurden die in den Tabelle 19.1-2 aufgeführten spezifischen Emissionsfaktoren verwendet, die auf Untersuchungen des Umweltbundesamtes zurückgehen /UMW 93/.

Tabelle 19.1-2: Spezifische stoffwechselbedingte CH₄-Emissionen von Nutztieren in kg/a /Tier

Kälber unter 6 Monate	20,9	Stiere und Ochsen	81,0
Jungrinder (6-12 Monate)	49,9	Färsen	61,3
Jungrinder (12-24 Monate)	57,4	Milchkühe	99,8
Schlachtkälber	37,4	übrige Kühe	61,3
Schweine	1,3	Pferde	18,0
Geflügel	0,1	Schafe	10,3

Tabelle 19.1-3: CH₄-Bildungspotenzial der Nutztier-Exkreme in kg/a /Tier /UMW 93/

Kälber unter 6 Monate	59,0	übrige Kühe	181,4
Schweine	32,0	Pferde	221,8
Geflügel	2,4	Schafe	23,6

Die in Tabelle 19.1-3 aufgeführten Werte stellen das theoretische CH₄-Bildungspotenzial für den Fall einer 100%-igen Umsetzung des Kohlenstoffes dar. Wie viel Methan gebildet wird, hängt jedoch von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie z.B. Ernährung, Stall- oder Weidehaltung, Zustand der Exkreme (flüssig oder fest), Temperatur, Art und Dauer der Lagerung etc. Die tatsächliche Methanproduktion (Methan-Konversionsfaktor) liegt zwischen 5% (z.B. für Weidehaltung) und 90% bei anaerober Lagunenlagerung. Für in Deutschland geltende Bedingungen kann mit einer durchschnittlichen Methanbildung von 10% gerechnet werden /UMW 93/.

Mit den in Tabelle 19.1-1 angegebenen Bestandszahlen errechnen sich die CH₄-Emissionen der Nutztierhaltung des Freistaates Thüringen, die der Tabelle 19.1-4 zu entnehmen sind.

Tabelle 19.1-4: CH₄-Emissionen durch Nutztierhaltung im Jahr 2001

<i>Tiere</i>	<i>CH₄ [t/a]</i>
Rinder	32.320
Kälber unter 6 Monate	1.521
Jungrinder (6-12 Monate)	3.595
Jungrinder (12-24 Monate)	5.796
Färsen	5.503
Milchkühe	15.905
Schweine	2.411
davon Ferkel	340
Schafe	3.021
Pferde	346
Geflügel	1.634
Summe Emissionen	40.072
CO ₂ -Äquivalent	841.487

An der CH₄-Gesamtemission der Nutztierhaltung von 40.070 t/a hat die Rinderhaltung mit 80,7% den größten Anteil. Etwa drei Viertel der CH₄-Emissionen werden durch die Verdauungsprozesse der Tiere verursacht, ein Viertel durch den anaeroben Abbau organischer Stoffe der Tierexkreme.

CO₂-Emissionen aus der Nutztierhaltung

Die CO₂-Emissionen der Nutztierhaltung resultieren

- direkt und indirekt aus dem Einsatz von Energie im Vorleistungssektor,

- aus Stoffwechselprozessen.

Die aus Stoffwechselprozessen stammenden CO₂-Emissionen sind Teil des Kreislaufes Boden – Pflanze - Energie und damit ohne Netto-Emission, weil andererseits die CO₂-Aufnahme des Futterpflanzenwachstums nicht in der Bilanzierung enthalten ist.

Eine direkte und indirekte Netto-CO₂-Emission in der Nutztierhaltung wird verursacht durch den Verbrauch fossiler Energieträger für Transporte und Leistungen in der Tierhaltung (Strom, Zukauffutter usw.). Es wird im Mittel mit einem Energieinput von 12 GJ/GVE gerechnet /TML 98/. Bei einem Emissionsfaktor von 70 kg CO₂/GJ ergibt sich bezüglich einer Großvieheinheit eine CO₂-Emission von 840 kg/GVE. Der Nutztierbestand betrug 2001 417.494 GVE, so dass die tierhaltungsbedingte CO₂-Emission 350.695 t/a betrug.

NH₃-Emissionen aus der Nutztierhaltung

Die Emissionen von NH₃ aus der Nutztierhaltung hängen vor allem von der Mist- und Güllelagerung, der Gülleausbringung, der Weide- und Stallperiode und der Futterverwertung ab. Aus den Ergebnissen verschiedener Untersuchungen /HES 96/ ergeben sich für die spezifischen NH₃-Emissionen der Nutztierhaltung die in Tabelle 19.1-5 angegebenen Bereiche.

Tabelle 19.1-5: Spezifische NH₃-Emissionen aus der Nutztierhaltung in kg NH₃/a/Tier

Tierart	Bereich von - bis kg /a / Tier		wahrscheinlicher Mittelwert
Rinder	12,40	32,40	24,50
Schweine	2,10	6,30	4,00
Pferde	9,40	18,20	12,90
Schafe	1,90	3,40	2,90
Geflügel	0,26	0,32	0,28

Aus den spezifischen NH₃-Emissionen errechnen sich unter Zugrundelegung der Viehbestandszahlen 2001 die in Tabelle 19.1-6 angegebenen jährlichen NH₃-Emissionen aus der Nutztierhaltung.

Tabelle 19.1-6: NH_3 -Emission aus der Nutztierhaltung im Jahr 2001 und im Prognosezeitraum, in t NH_3/a

<i>Tierart</i>	<i>wahrscheinliche NH_3-Emission in t/a</i>
Rinder	9.565
Schweine	2.747
Pferde	111
Schafe	692
Geflügel	1.386
Summe	14.501

Mit einem Anteil von etwa 66% ist die Rinderhaltung an der NH_3 -Emission am stärksten beteiligt. Die auf den Menschen zurückzuführende NH_3 -Emission ergibt sich zu ca. 3.950 t NH_3/a ; sie beträgt somit etwa ein Viertel der aus der Nutztierhaltung stammenden Emission.

Etwa 1 - 3% des Ammoniakstickstoffs werden zu N_2O umgesetzt und sind somit indirekt klimawirksam [UMW 92]. Daraus schlussfolgernd wurde für NH_3 ein GWP-Wert von 6 angesetzt.

Entwicklungstrends und THG-Emissionen aus der Viehwirtschaft für den Prognosezeitraum

Tabelle 19.1-7: THG-Emissionen in der Viehwirtschaft

	<i>Dimension</i>	<i>1995/96 /INS 98/</i>	<i>2000/01</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
Anzahl der Tiere:	Stück				
Rinder	Stück	458.932	390.421	390.421	390.421
Schweine	Stück	641.031	686.860	686.860	686.860
Schafe	Stück	233.079	238.597	238.597	238.597
Pferde	Stück	14.048	8.618	8.618	8.618
Geflügel	Stück	4.212.334	4.951.108	4.951.108	4.951.108
Emissionen:					
CO_2	t/a	390.600	350.695	350.695	350.695
CH_4	t/a	45.728	40.072	40.072	40.072
NH_3	t/a	15.845	14.502	14.502	14.502
CO_2-Äquivalente	t/a	1.445.945	1.272.194	1.272.194	1.272.194

19.2 Treibhausgas-Emissionen aus Nutzflächen der Land- und Forstwirtschaft

Als relevante Treibhausgase aus Nutzflächen der Land- und Forstwirtschaft sind N_2O , NH_3 , CO_2 sowie Kohlenwasserstoffe zu betrachten. Bei der Berechnung der Emissionen wurden die in Tabelle 19.2-1 aufgeführten landwirtschaftlichen Nutzflächen zugrundegelegt und für den Prognosezeitraum keine Veränderungen angenommen. Die verwendeten spezifischen Emissionen gehen aus Tabelle 19.2-2 hervor.

Tabelle 19.2-1: Größe der landwirtschaftlichen Nutzflächen Thüringens /THÜ 02/

Nutzland	2000/01 Fläche [ha]
Grünland	176.219
Ackerland	598.275
Getreide	385.288
Silo-Mais	35.853
Körner-Mais	4.293
Futtererbsen	18.568
Ackerbohnen	3.764
Kartoffeln	2.813
Rüben	10.780
Ölfrüchte	103.784
Futterpflanzen	12.909
Feld-Grasanbau	11.231
Sonstiges	8.992
Gartenbau, Obstanlagen	5.350
Summe	779.844
Brachland	24.535

Aus den Flächengrößen und den spezifischen Emissionen ergeben sich die jährlichen Emissionen durch die landwirtschaftlichen Nutzflächen (Tabelle 19.2-3).

Bei den Treibhausgas-Emissionen der Forstwirtschaft spielen vor allem die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe eine Rolle, wobei Terpene (Koniferen) und Isopren (Laubbäume) von Bedeutung sind /HES 96/. Die der Berechnung zugrundegelegten spezifischen Emissionen gehen aus Tabelle 19.2-4 hervor. In Tabelle 19.2-5 sind die Treibhausgas-Emissionen des Waldes angegeben, die auf dem derzeitigen Waldbestand und seiner zukünftigen Entwicklung basieren /THÜ 02a/.

Tabelle 19.2-2: Spezifische Treibhausgas-Emissionen für landwirtschaftliche Nutzflächen /INS 98, DÄM 96/

<i>Nutzland</i>	<i>N₂O</i> kg/ha/a	<i>NH₃</i> kg/ha/a	<i>CO₂</i> kg/ha/a	<i>C_mH_n</i> kg/ha/a
Grünland	4,6	4,4	642,0	1,8
Ackerland	4,5	4,4		0,5
Getreide			826,0	
Silo-Mais			1.102,0	
Körner-Mais			1.123,0	
Futtererbsen			586,0	
Ackerbohnen			636,0	
Kartoffeln			1.661,0	
Rüben			1.043,0	
Ölfrüchte			828,0	
Futterpflanzen			453,0	
Feld-Grasanbau			1.111,0	
Sonstiges			910,0	
Gartenbau, Obstanlagen	2,6	4,4	910,0	36,0
Mittelwerte	4,5	4,4	797,9	

Tabelle 19.2-3: Treibhausgas-Emissionen durch die landwirtschaftlichen Nutzflächen Thüringens

	<i>1995/96</i> <i>/INS 98/</i>	<i>2000/01</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
CO ₂ [t/a]	645.565	622.212	622.212	622.212
N ₂ O [t/a]	2.252	3.517	3.517	3.517
C _m H _n [t/a]	758	806	806	806
NH ₃ [t/a]	3.531	3.431	3.431	3.431
CO₂-Äquivalente [t/a]	1.376.164	1.745.066	1.745.066	1.745.066

Tabelle 19.2-4: Spezifische Emissionen Wald /INS 98/

<i>Nutzland</i>	<i>N₂O</i> kg/ha/a	<i>NH₃</i> kg/ha/a	<i>CO₂</i> kg/ha/a	<i>C_mH_n</i> kg/ha/a
Wald	0,8	1,6	74,8	
Laubwald				36,0
Nadelwald				90,2

Tabelle 19.2-5: Treibhausgas-Emissionen aus naturnahen Böden/Wald

<i>Nutzland</i>	<i>Dimension</i>	<i>1995/96</i>	<i>2000/01</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
Wald	ha	535.300	512.900	513.900	515.900
Laubwald	ha	160.300	148.741	151.241	154.741
Nadelwald	ha	375.000	364.159	362.659	361.159
Nichtholzboden	ha	27.700	27.700	27.700	27.700
Emissionen					
CO ₂	t / a	38.000	38.365	38.440	38.589
N ₂ O	t / a	259	410	411	413
C _m H _n	t / a	39.596	38.202	38.157	38.147
NH ₃	t / a	830	821	822	825
CO₂-Äquivalente	t / a	679.289	743.515	743.168	743.693

19.3 Gesamt-Emissionen der Land- und Forstwirtschaft

Die Treibhausgas-Emissionen von Viehwirtschaft (Tabelle 19.1-7), landwirtschaftlichen Nutzflächen (Tabelle 19.2-3) und naturnahen Böden/Wald (19.2-5) ergeben die folgenden Gesamt-Emissionen des Sektors Land- und Forstwirtschaft:

Tabelle 19.3-1: Entwicklung der Gesamt-Treibhausgas-Emissionen der Forst- und Landwirtschaft Thüringens

<i>Emissionen</i>	<i>Dimension</i>	<i>1995/96</i>	<i>2000/01</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
CO ₂	t/a	1.074.165	1.011.272	1.011.347	1.011.486
N ₂ O	t/a	2.511	3.927	3.928	3.930
CH ₄	t/a	45.728	40.072	40.072	40.072
C _m H _n	t/a	40.354	39.008	38.963	38.953
NH ₃	t/a	20.206	18.754	18.755	18.758
CO₂-Äquivalente	t/a	3.539.398	3.760.775	3.760.428	3.760.953

19.4 Senken und Gutschriften der Land- und Forstwirtschaft

19.4.1 Senke Wald

Die CO₂-Emissionen des Waldes sind als klimaneutral anzusehen, da nur das CO₂ emittiert wird, das vorher aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Auf Grund der durch den Holz-

zuwachs bedingten Kohlenstoffspeicherung stellt der Wald sogar eine wesentliche CO₂-Senke dar. Bei der Abschätzung der jährlichen CO₂-Einbindung ist vom effektiven (senkenwirksamen) Holzzuwachs auszugehen, der sich wie folgt ergibt:

$$\text{effektiver Holzzuwachs} = \text{Holzzuwachs} - \text{Holzeinschlag} + \text{Bauholz}$$

Dabei ist jedoch zu bedenken, dass Bauholz nur einen temporären Kohlenstoffspeicher darstellt, da der Kohlenstoff dieses Holzes später wieder in den Kreislauf zurückgeführt wird. Die Abschätzung des effektiven Holzzuwachses erfolgt auf der Basis von Waldfläche, Holzzuwachs, Holzeinschlag und Bauholznutzung (Tabelle 19.4-1). Pro Vorratsfestmeter Holz werden etwa 0,25 t C eingelagert. Daraus ergeben sich die in Tabelle 19.4-2 aufgeführten jährlichen CO₂-Einbindungen des Waldes in 2000/01, 2005 und 2010.

Tabelle 19.4-1: Daten zur Ermittlung des effektiven Holzzuwachses /THÜ 02a/

Effektiver Holzzuwachs/ Forstparameter	Dimension	2000/01	2005	2010
effektiver Holzzuwachs	Vfm/a	3.847.929	3.431.200	2.708.900
Waldfläche	ha	512.900	513.900	515.900
Holzzuwachs	Vfm/ha/a	10	10	10
Holzeinschlag	Vfm/a	2.329.200	2.987.800	3.730.100
Holznutzung (Bauholz)	Vfm/a	1.048.129	1.280.000	1.280.000

Tabelle 19.4-2: Jährliche CO₂-Einbindung des Waldes in Thüringen

Senke	Dimension	2000/01	2005	2010
effektiver Holzzuwachs	Vfm/a	3.847.929	3.431.200	2.708.900
Aufnahme				
CO ₂	t/a	3.527.268	3.145.267	2.483.158

19.4.2 Gutschrift Rapsanbau

Durch den Anbau von Non-Food-Raps und die Herstellung von Biodiesel kann ein Teil des herkömmlichen Dieselkraftstoffes substituiert werden. Die damit vermiedenen Treibhausgas-Emissionen müssen dem Sektor Land- und Forstwirtschaft als Gutschrift angerechnet werden.

Dabei sind jedoch die Treibhausgas-Emissionen abzuziehen, die auch durch den Verbrennungsvorgang beim Biodiesel entstehen. Ausgehend von den Rapsanbauflächen /TLL 03/ ergeben sich als Gutschriften die in Tabelle 19.4-3 aufgeführten CO₂-Äquivalent-Emissionen.

Tabelle 19.4-3: Treibhausgas-Gutschrift der Land- und Forstwirtschaft Thüringens für den Anbau von Non-Food-Raps

	<i>Dimension</i>	<i>2000/01</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
Rapsanbaufläche	ha	40.800	45.400	50.000
substituierter Diesel	t/a	48.960	54.480	60.000
Gutschriften				
CO ₂	t/a	155.448	172.974	190.500
CO	t/a	-2.668	-2.969	-3.270
NO _x	t/a	-709	-789	-869
C _m H _n	t/a	-343	-381	-420
CH ₄	t/a	-20	-23	-25
N ₂ O	t/a	-16	-18	-19
CO₂-Äquivalente Gutschrift	t/a	125.819	140.004	154.190

19.5 Gesamtbilanz Land- und Forstwirtschaft

Bei Berücksichtigung der Treibhausgas-Senke Wald und der durch den Rapsanbau anzurechnenden Gutschriften ergibt sich für die Land- und Forstwirtschaft folgende Gesamtbilanz (Tabelle 19.5-1). Die Zunahme der effektiven Emission ist bedingt durch eine Steigerung des Holzeinschlages, die durch den erhöhten Rapsanbau nicht kompensiert wird.

Tabelle 19.5-1: Gesamt-Treibhausgas-Bilanz der Land- und Forstwirtschaft Thüringens

	<i>CO₂-Äquivalente in kt/a</i>		
	<i>2000/01</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Emission	3.767	3.767	3.767
Senke Wald	-3.527	-3.145	-2.483
Gutschrift Raps	-126	-140	-154
Emission effektiv	114	482	1.130

20 Treibhausgas-Emissionen aus Gewässern

Aus stehenden und fließenden Oberflächengewässern sowie aus Grundwässern werden die Treibhausgase CH_4 und N_2O freigesetzt.

Methan entsteht beim anaeroben Abbau organischer Substanz durch Bakterien. Bei dieser sogenannten anaeroben Respiration werden diese Substanzen zu Methan reduziert. Methan ist nur wenig wasserlöslich. Vor allem an warmen Tagen kann in Gewässern Methan in so großen Mengen erzeugt werden, dass es in Form von Methangasblasen aus dem Wasser ausperlt und so in die Atmosphäre gelangt.

Lachgas entsteht in Gewässern je nach Verfügbarkeit von Sauerstoff und Stickstoffverbindungen sowohl durch Nitrifikations- (aerobe Verhältnisse) als auch Denitrifikationsprozesse (anaerobe Verhältnisse). Ursache dafür sind neben den in den Gewässern verfügbaren natürlichen, geogenen Stickstoffverbindungen vor allem auch die zunehmend in die Gewässer eingebrachten Stickstoffverbindungen anthropogenen Ursprungs (organischer Dünger, Ammonium- und Nitratdünger, atmosphärische Deposition von Stickstoffverbindungen).

Tabelle 20-1: Treibhausgas-Emissionen aus Thüringer Gewässern

<i>Gewässer</i>	<i>2000/01</i>	
	<i>CH_4 [t/a]</i>	<i>N_2O [t/a]</i>
Oberflächengewässer		385
stehende Oberflächengewässer	1.185	
fließende Gewässer	7	
Feuchtgebiete	10	
Grundwasserleiter (CH_4 -Emission)	8.411	
Grundwasserleiter (N_2O -Emission)		1.374
gefördertes Grundwasser	28	
Summe Emissionen	9.641	1.759
CO_2-Äquivalent	202.445	545.185

Ausgehend von den in /INS 98/ verwendeten Produktions- bzw. Emissionsfaktoren ergeben sich für die Treibhausgas-Emissionen aus Gewässern für 2000/01 die in Tabelle 20-1 aufge-

zeigten Werte. Da die Gewässergrößen sich im Prognosezeitraum nur unwesentlich verändern werden, wird auch für die Jahre 2005 und 2010 von Emissionen dieser Höhe ausgegangen. Im Vergleich zu 1995/96 /INS 98/ nehmen sie bis zum Jahr 2010 nur geringfügig ab (Tab. 20-2).

Tabelle 20-2: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen aus Thüringer Gewässern

	1995/96 /INS 98/	2000/01	2005	2010
CH ₄ [t/a]	9.670	9.641	9.641	9.641
N ₂ O [t/a]	1.764	1.759	1.759	1.759
CO ₂ -Äquivalente [t/a]	750.023	747.630	747.630	747.630

21 Treibhausgas-Emissionen bei der Abwasserreinigung

Die wichtigsten Verfahrensschritte bei der Reinigung kommunaler Abwässer sind die mechanische Vorreinigungsstufe, die aerobe biologische Behandlung und ggf. eine zusätzliche physikalisch-chemische Reinigungsstufe. Das bei der Schlammbehandlung entstehende Klär- oder Faulgas enthält zu 60 - 70% Methan /KÄS 89/.

Das Klärgas wird i.d.R. direkt in der Kläranlage energetisch verwertet (Beheizung der Betriebsgebäude und der Faulbehälter, Verstromung in BHKW-Anlagen). Überschüssige Klärgasmengen werden abgefackelt.

Der entwässerte und z.T. nachbehandelte Schlamm (Wassergehalt 50 - 80%) wird landwirtschaftlich verwertet bzw. entsorgt (auf Deponien, zur Kompostierung bzw. in Verbrennungsanlagen). Bei der Deponierung entsteht ähnlich wie bei Siedlungsabfällen über längere Zeiträume hinweg Methan.

Bei der biologischen Abwasseraufbereitung (Stickstoffelimination) kann N₂O sowohl bei Prozessen der Nitrifikation (Aufoxidation des Nitrits zu Nitrat) als auch der Denitrifikation (Reduktion des Nitrats zu gasförmigem Stickstoff) entstehen. Das bei der Abwasserreinigung freigesetzte CO₂ wird im Sinne des Kohlenstoffkreislaufs als klimaneutral betrachtet.

Mit Hilfe der in Tabelle 21-1 angegebenen Emissionsfaktoren und den Abwasser- und Klär-

schlamm-mengen (Tabelle 21-2) errechnen sich die Treibhausgas-Emissionen der Abwasser-reinigung (Tabelle 21-3). Hierbei wird angenommen, dass die Deponierung von Klärschlamm bis 2005 noch 6,1% beträgt und danach nicht mehr erfolgt. Als Gasverluste wurden 5% einge-setzt.

In 2000/01 betrug die Treibhausgas-Emission der Abwasserreinigung Thüringens 33.507 t CO₂-Äquivalente/a und wird bis zum Jahr 2010 vor allem wegen der dann nicht mehr stattfin-denden Klärschlammdeponierung auf 31.773 t CO₂-Äquivalente pro Jahr abnehmen. Der Vergleich in Tabelle 21-3 zeigt, dass die Emissionen der Abwasserreinigung im Zeitraum von 1995/96 bis 2000/01 bereits um fast 40% abgenommen haben.

Tabelle 21-1: Spezifische Emissionsfaktoren der Abwasserreinigung /EMI 93, MÖL 89/

<i>Emittenten</i>	<i>CH₄ t/t_{Schlamm}</i>	<i>N₂O g/m³</i>	<i>NH₃ kg/a/Individuum</i>
Abwasser		0,08	
Klärschlamm	0,126		
Deponieschlamm	0,072		
Bevölkerung			1,58

Tabelle 21-2: Abwasser- und Klärschlamm-mengen in Thüringen /TLU 02a/

<i>Emittenten</i>	<i>Einheit</i>	<i>2000/01</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Abwasser	m ³ /a	1,98E+08	1,92E+08	1,88E+08
Klärschlamm	tTS/a	40.000	38.892	39.378
Deponieschlamm	tTS/a	2.600	2.527	0
Bevölkerung	Tausend	2.431	2.364	2.312

Tabelle 21-3: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen der Abwasserreinigung Thüringens

<i>Treibhausgas</i>	<i>1995/96 /INS 98/</i>	<i>2000/01</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
CH ₄ [t/a]	1.223	265	257	248
N ₂ O [t/a]	17,2	15,8	15,4	15,0
NH ₃ [t/a]	3.978	3.841	3.735	3.652
CO₂-Äquivalente [t/a]	54.879	33.507	32.577	31.773

22 Treibhausgas-Emissionen aus Abfalldeponien

Die Umsetzung organischer Materialien in Abfalldeponien führt zu Emissionen von Methan, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid. Die in Siedlungsabfällen (Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbemüll, Sperrmüll, Marktabfälle u.a.) enthaltenen organischen Substanzen werden durch anaerobe und aerobe Prozesse mikrobiell abgebaut. Das freigesetzte CO₂ wird im Sinne des Kohlenstoffkreislaufs als klimaneutral betrachtet und somit nicht mit bilanziert. Von Bedeutung sind somit im Wesentlichen CH₄ und CO.

Maßgebend für die THG-Emissionen aus Deponien sind die eingelagerten Müllmengen und die Müllzusammensetzung. Die im Jahr 2000 und in den Prognosejahren 2005 und 2010 anfallenden Mengen an Siedlungsabfällen sowie das einwohnerbezogene spezifische Aufkommen sind aus Tabelle 22-1 ersichtlich.

Tabelle 22-1: Anfall fester Siedlungsabfälle in Thüringen /ABF 02/

Deponiejahr	2000	2005	2010
	t/a	t/a	t/a
feste Siedlungsabfälle	877.683	581.495	464.612
Spezifisches Aufkommen	kg/EW*a	kg/EW*a	kg/EW*a
feste Siedlungsabfälle	361	246	201
Deponiegasverluste (Undichten)	%	%	%
	7%	7%	7%
Einwohner	Tausend	Tausend	Tausend
	2431,3	2363,8	2311,5

Die anaeroben Abbauprozesse in Deponien sind erst nach etwa 50 Jahren abgeschlossen /RÖV 91/, so dass in diesem Zeitraum, wenn auch mit abnehmender Intensität, mit Emissionen zu rechnen ist. Mit Hilfe der Statistik der in den letzten 50 Jahren eingelagerten Müllmengen wurden die Emissionen abgeschätzt, die auf der Umsetzung des zur Verfügung stehenden Kohlenstoffs zu CH₄ und CO in diesem Zeitraum basieren. Es wird ferner von einer weitgehenden energetischen Nutzung des Deponiegases (Umwandlung von CH₄ in klimaneutrales CO₂) ausgegangen mit Deponiegasverlusten durch Undichtheiten von 7%. Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich die in Tabelle 22-2 angegebenen Treibhausgas-

Emissionen durch Abfalldeponien. Die Gesamt-Emission durch Deponien betrug im Jahr 2000 39.658 t CO₂-Äquivalente und wird bis 2010 um etwa 10% zurückgehen. Auf Grund der getrennten Erfassung und Kompostierung von Bioabfällen sowie der weitgehenden Deponie-gasfassung ist seit 1995/96 ein starker Rückgang der deponiebedingten Emissionen zu verzeichnen. Die durch Deponien bedingten Treibhausgas-Emissionen liegen heute etwa in der Größe wie die der Abwasserreinigung, sind aber im Vergleich zu den energiebedingten Emissionen niedrig.

Tabelle 22-2: Entwicklung der Treibhausgas-Emission durch Abfalldeponien in Thüringen

<i>Treibhausgas</i>	<i>1995/96 /INS 98/</i>	<i>2000</i>	<i>2 0 0 5</i>	<i>2 0 1 0</i>
CH ₄ [t/a]	6.027	1.883	1.852	1.683
CO [t/a]	90	28	28	25
<i>CO₂-Äquivalente [t/a]</i>	<i>126.918</i>	<i>39.658</i>	<i>38.994</i>	<i>35.446</i>

23 Treibhausgas-Emissionen durch Gastransport

Undichtheiten im Erdgasnetz führen zur Freisetzung von Methan in die Atmosphäre. Aus der Energiebilanz Thüringens kann abgeleitet werden, dass etwa 0,12% an Gasverlusten auftreten.

Bei einem Heizwert von 49,1 PJ/kt ergeben sich aus dem Energiebedarf Gas der Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher, Energieerzeugung und Industrie die transportierten Gasmengen (Tabelle 23-1). Basierend auf der Gasverlustrate errechnen sich die in Tabelle 23-2 aufgeführten Methan-Emissionen.

Die Treibhausgas-Emission durch Gastransport betrug 2000/01 in Thüringen 43.583 t CO₂-Äquivalente/a und wird wegen des wachsenden Gasbedarfes bis zum Jahr 2010 um fast 20% zunehmen. Auf Grund der Modernisierung des Gasnetzes ist jedoch seit 1995/96 eine starke Abnahme der Transportverluste zu verzeichnen. In der Größe liegt die durch den Gastransport bedingte Emission etwas über derjenigen von Abwasserreinigung oder Abfalldeponien, ist jedoch im Vergleich zu den energiebedingten Emissionen ebenfalls niedrig.

Tabelle 23-1: Transportierte Gasmengen in Thüringen

	<i>Dimension</i>	<i>2000 / 01</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Transportiertes Gas	kt	1.729,5	1.958,2	2.052,0
Energiebedarf Gas gesamt	PJ	84,92	96,15	100,75
Haushalte	PJ	32,02	38,19	37,46
Kleinverbraucher	PJ	9,72	10,37	9,79
Energieerzeugung	PJ	28,01	28,98	28,97
Industrie	PJ	15,17	18,61	24,53

Tabelle 23-2: Treibhausgas-Emissionen durch Gastransport in Thüringen

	<i>Dimension</i>	<i>1995/96</i> <i>/INS 98/</i>	<i>2000 / 01</i>	<i>2005</i>	<i>2010</i>
Transportiertes Gas	kt	1.276,0	1.729,5	1.958,2	2.052,0
Emissionen					
CH ₄	t / a	6.380	2.075	2.350	2.462
CO₂-Äquivalente	t / a	133.983	43.583	49.347	51.709

24 Treibhausgas-Emissionen durch Kühl-, Treib- und Löschmittel

Der Einsatz von Kühl-, Treib- und Löschmittel ist vor allem mit Emissionen von wasserstoffhaltigen Fluorkohlenwasserstoffen (H-FKW/HFC), perfluorierten Fluorkohlenwasserstoffen (FKW/PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) verbunden. Diese Stoffe haben hohe GWP-Werte und in der Regel sehr lange Verweilzeiten in der Atmosphäre. Tabelle 24-1 zeigt ihre Verteilung auf die verschiedenen Prozesse und Anwendungsfelder in der Bundesrepublik Deutschland. Daraus lassen sich für die Berechnung der CO₂-Äquivalent-Emissionen folgende gewichtete GWP-Werte ableiten: FKW 7.793, H-FKW 599 und SF₆ 23.900.

Da weder eine zentrale Erfassung dieser Einsatzstoffe erfolgt noch genaue Emissionswerte zur Verfügung stehen, kann für Thüringen nur eine Abschätzung dieser THG-Emissionen auf der Basis des Bevölkerungsanteiles vorgenommen werden (Tabelle 24-2). Dabei wird angenommen, dass sich die Verteilung innerhalb einer Stoffgruppe auf die verschiedenen Anwendungszwecke bis zum Jahr 2010 nicht wesentlich verändert, jedoch die Emissionsmengen der

Stoffgruppen.

Aus Tabelle 24-3 ist die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen durch Kühl-, Treib- und Löschmittel in Thüringen im Zeitraum 1995 bis 2010 ersichtlich. Im Jahr 2000 betrugen die CO₂-Äquivalent-Emissionen etwa 280,4 kt und werden im Jahr 2010 ca. 483,1 kt erreichen. Grund für die Zunahme ist die erhöhte Anwendung von H-FKW wie sie in /DRI 02/ prognostiziert wird.

Tabelle 24-1: Einsatzgebiete von FKW, H-FKW, SF₆ und ihre Anteile /DRI 02/

	<i>Anteil %</i>
FKW	
Aluminiumverhüttung (CF ₄ , C ₂ F ₆)	71,0
Halbleiterindustrie (CF ₄ , C ₂ F ₆)	23,1
Kältetechnik (C ₃ F ₈)	4,5
Leiterplattenherstellung (CF ₄)	1,4
H-FKW	
PU-Montageschaum (CH ₂ FCF ₃ , C ₂ H ₄ F ₂)	55,2
PU-Integralschaum (CH ₂ FCF ₃)	0,4
Mobile Klimaanlage (CH ₂ FCF ₃ , C ₂ H ₄ F ₂)	17,7
Kälte- und stationäre Klimaanlage (CH ₂ FCF ₃ , C ₂ H ₄ F ₂)	22,8
Technische Aerosole (CH ₂ FCF ₃)	3,0
Halbleiterindustrie (CHF ₃)	0,1
Medizinische Dosieraerosole (CH ₂ FCF ₃)	0,8
Schwefelhexafluorid SF₆	
Autoreifen	54,6
Schallschutzfenster	26,2
elektrische Betriebsmittel	11,8
Halbleiterindustrie	2,6
Sonstige	4,8

Tabelle 24-2: Emissionen von FKW, H-FKW und SF₆ in der Bundesrepublik Deutschland und in Thüringen

Stoffgruppe	2000/ 01 Emission (t/a)	2005 Emission (t/a)	2010 Emission (t/a)
Deutschland /DRI 02/			
FKW	244	291	361
H-FKW	3.284	11.498	15.228
SF ₆	229	168	209
Thüringen			
FKW	7,3	8,5	10,3
H-FKW	98,6	335,5	434,6
SF ₆	6,9	4,9	6,0
FKW: Verhältnis CF₄/ C₂F₆	1,0	1,0	1,0
H-FKW: Verhältnis CH₂FCF₃/ C₂H₄F₂	1,0	1,0	1,0

Tabelle 24-3: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen durch Kühl-, Treib- und Löschmittel in Thüringen im Zeitraum 1995 bis 2010

Stoffgruppe	1995/96 /INS 98/ [t/a]	2000/01 [t/a]	2 0 0 5 [t/a]	2 0 1 0 [t/a]
FKW	7,6	7,3	8,5	10,3
H-FKW	68,6	98,6	335,5	434,6
SF ₆	7,8	6,9	4,9	6,0
FCKW	3,5	-	-	-
Summe Emissionen	87,5	112,8	348,9	450,8
CO₂-Äquivalente	303.420	280.414	384.407	483.100

25 Treibhausgas-Emissionen durch das Betanken von Fahrzeugen

Bei der Lagerung und dem Umschlag von Kraftstoffen kommt es zu Kohlenwasserstoffemissionen (NMVOC) infolge von Arbeits- und Atmungsverlusten.

Arbeitsverluste treten bei Befüll- und Entleerungsvorgängen auf. Beim Befüllen entweicht die über dem flüssigen Kraftstoff stehende Gasphase. Bei der Tankentleerung entstehen Verluste

durch Nachverdampfung. Atmungsverluste sind durch Druck- und Temperaturschwankungen der Atmosphäre bedingt.

Unter Berücksichtigung der Tankstellenmodernisierung (Gaspendelsystem) kann für Vergaserkraftstoffe von einem aggregierten spezifischen Emissionsfaktor für NMVOC von etwa 2,8 kg/t /UMW 97/ ausgegangen werden (Umschlag und Betankung). Für Dieselmotorkraftstoffe ist die spezifische Emission mit 0,005 kg/t anzusetzen und somit um 3 Größenordnungen geringer.

Die Abschätzung der NMVOC-Emissionen aus Treibstoffumschlag und Betankungsvorgängen erfolgte auf der Basis der in den Energiebilanzen 1995 /THÜ 95, THÜ 00/ ausgewiesenen Verbrauchszahlen und der Prognosewerte der Verkehrsentwicklung (s. Kap. 18).

Tabelle 25-1: Entwicklung des Kraftstoffverbrauches und der Emission von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen durch Umschlags- und Betankungsvorgänge in Thüringen

Kraftstoff	Dimension	1995/96 /INS 98/	2000/01	2005	2010
Vergaserkraftstoff	t / a	778.760	789.586	868.405	926.072
Dieselmotorkraftstoff	t / a	718.856	728.848	801.604	854.835
Emissionen					
C _m H _n	t / a	2.184	2.215	2.436	2.597
CO₂-Äquivalente	t / a	32.762	33.217	36.533	38.959

Damit ergibt sich für 2000/01 aus Umschlags- und Betankungsvorgängen eine Emission von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen von 2.215 t/a entsprechend 33.217 t CO₂-Äquivalente/a (Tabelle 25-1). Wegen der prognostizierten Zunahme des Kraftstoffverbrauches wird diese Emission bis 2010 um etwa 17% steigen. Die CO₂-Äquivalent-Emission dieses Sektors liegt bezüglich ihrer Größe etwa so wie die der Abwasserreinigung oder der Abfalldeponien.

26 Stand und Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen Thüringens

Die Gesamtbilanzen der ermittelten Treibhausgas-Emissionen Thüringens sind in den Anhangtabellen A-1 bis A-3 aufgeführt. Im Folgenden werden die Entwicklungen der Emissionen sowohl für die einzelnen Treibhausgase als auch für die CO₂-Äquivalente insgesamt dar-

gestellt sowie die Anteile der verschiedenen Emittentengruppen betrachtet. Im Ergebnis werden abschließend die erreichten und prognostizierten Emissionsverminderungen im Hinblick auf die gestellten Klimaschutzziele diskutiert.

26.1 Emissionsentwicklung der einzelnen Treibhausgase

Kohlendioxid (CO₂)

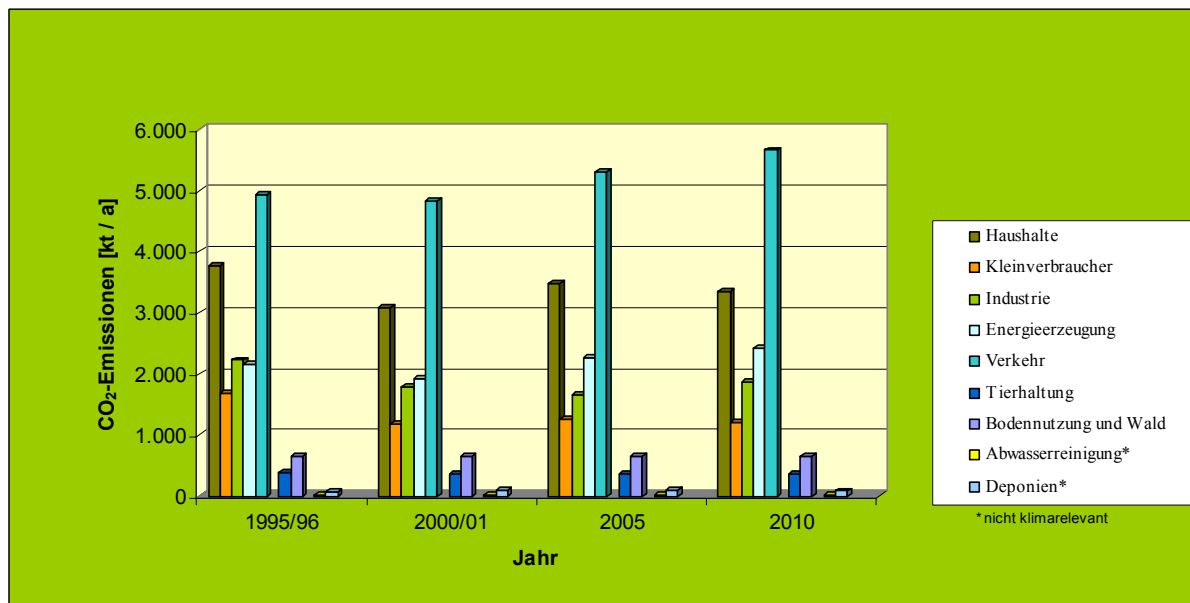


Bild 26.1-1: Entwicklung der CO₂-Emissionen Thüringens bis 2010 (ohne Stromimport)

Der weitaus größte Teil der CO₂-Emissionen ist energiebedingt (Bild 26.1-1). Seit 1995/96 sind Emissionsverminderungen in den Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie zu verzeichnen, die sich jedoch bis 2010 nicht weiter fortsetzen. Ein Anstieg dieser Emissionen ist im Sektor Verkehr auf Grund des zunehmenden Verkehrsaufkommens zu erwarten. Die nichtenergiebedingten CO₂-Emissionen sind entweder unbedeutend oder als Bestandteil des Kohlenstoffkreislaufes als klimaneutral anzusehen.

Methan (CH₄)

Der überwiegende Teil der CH₄-Emissionen stammt aus der Nutztviehhaltung (Bild 26.1-2). Diese Emission ist seit 1995/96 etwas zurückgegangen. Aufgrund der Deponiegasnutzung und Sanierung der Gasleitungsnetze haben sich die Emissionen der Deponien und des Gas-

transportes erheblich vermindert. Insgesamt werden die CH₄-Emissionen bis 2010 nicht weiter sinken.

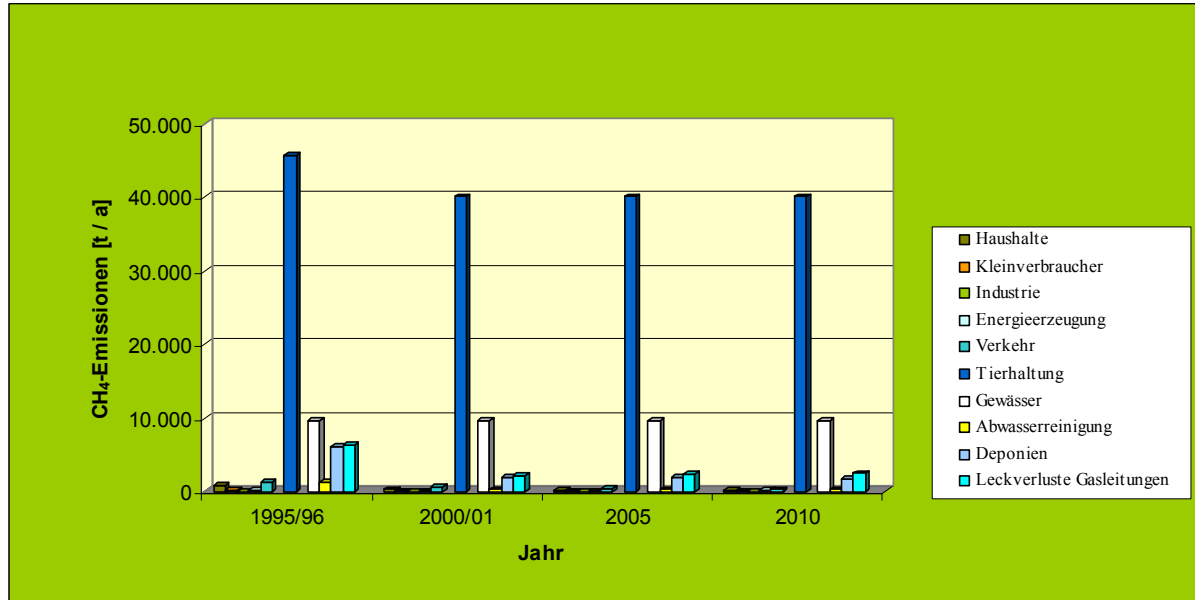


Bild 26.1-2: Entwicklung der CH₄-Emissionen Thüringens bis 2010

Lachgas (N₂O)

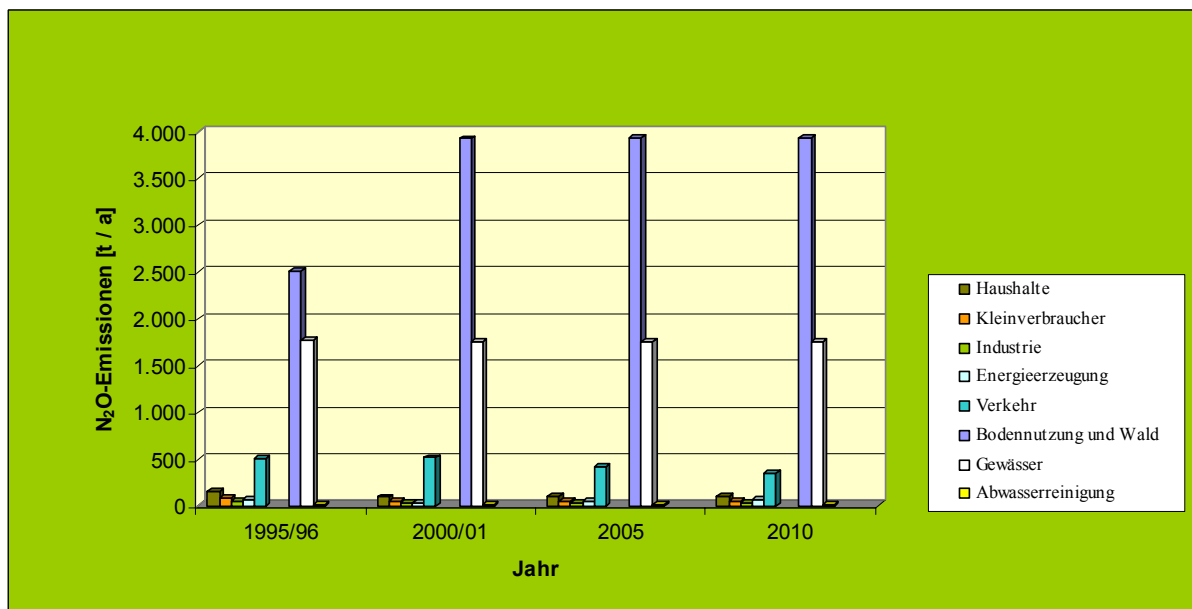


Bild 26.1-3: Entwicklung der N₂O-Emissionen Thüringens bis 2010

Hauptemittenten für N_2O sind die Sektoren Bodennutzung, Gewässer und Verkehr (Bild 26.1-3). Die intensive Bodenbewirtschaftung hat seit 1995/96 zu einer Zunahme der Emissionen geführt. Die Energiesektoren sind an der N_2O -Emission weniger beteiligt. Insgesamt ist bis 2010 mit keiner wesentlichen Abnahme dieser Emissionen zu rechnen.

Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (C_mH_n)

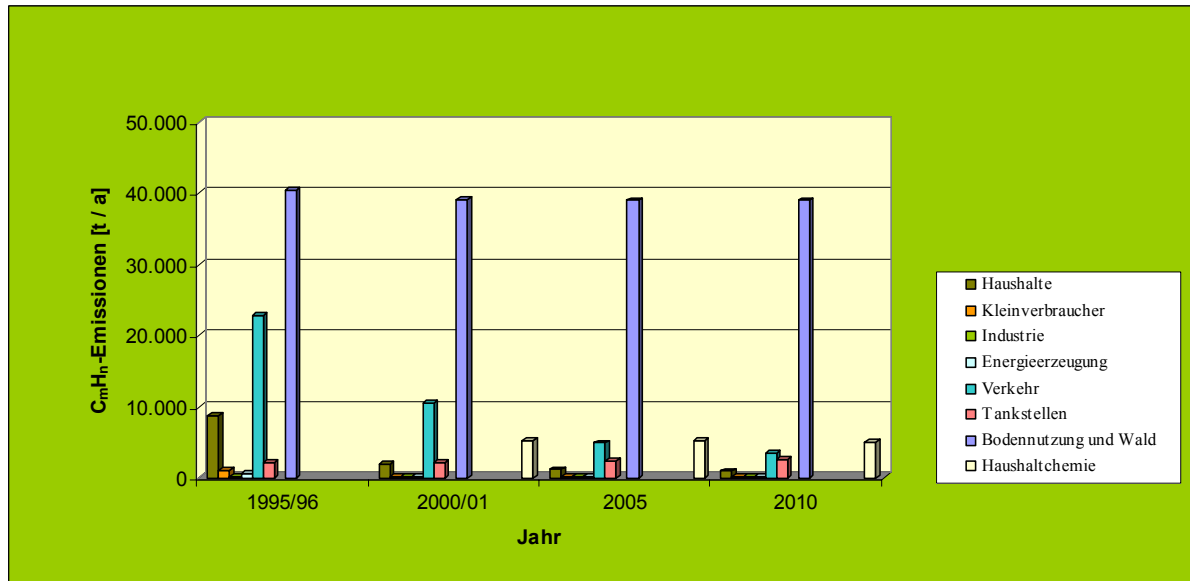


Bild 26.1-4: Entwicklung der C_mH_n -Emissionen Thüringens bis 2010

Ein großer Teil der C_mH_n -Emissionen ist auf die Freisetzung von Terpenen und Isopren der Land- und Forstwirtschaft zurückzuführen. Diese Emissionen bleiben im gesamten Betrachtungszeitraum etwa auf gleichem Niveau (Bild 26.1-4). Die Emission von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen des Sektors Verkehr hat seit 1995/96 aufgrund der verschärften Abgasnormen und der Modernisierung der Fahrzeugflotte etwa um die Hälfte abgenommen und wird bis 2010 trotz höherem Verkehrsaufkommen weiter sinken. Die Abnahme der Emissionen aus Haushalten ist vor allem auf Brennstoffsubstitutionen und die Modernisierung der Heizungsanlagen zurückzuführen; sie wird sich bis 2010 noch schwach fortsetzen. Emissionen aus Produktanwendungen der Haushaltchemie wurden in /INS 98/ noch nicht bilanziert, so dass der bisherige Trend unklar ist. In Zukunft ist von einem weitgehend gleichbleibenden Beitrag auszugehen.

Kohlenmonoxid (CO)

CO entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Kohlenstoff und somit sind seine Emissionen fast ausschließlich auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Der größte Emittent ist der Sektor Verkehr, dessen CO-Emissionen aufgrund der verschärften Abgasnormen und der Modernisierung der Kraftfahrzeugflotte von 1995/96 bis 2010 um über 50% zurückgehen werden (Bild 26.1-5). Relative Abnahmen dieser Größenordnung sind bei den Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie schon jetzt zu verzeichnen. Auch bis 2010 sind hier noch weitere Verminderungen zu erwarten.

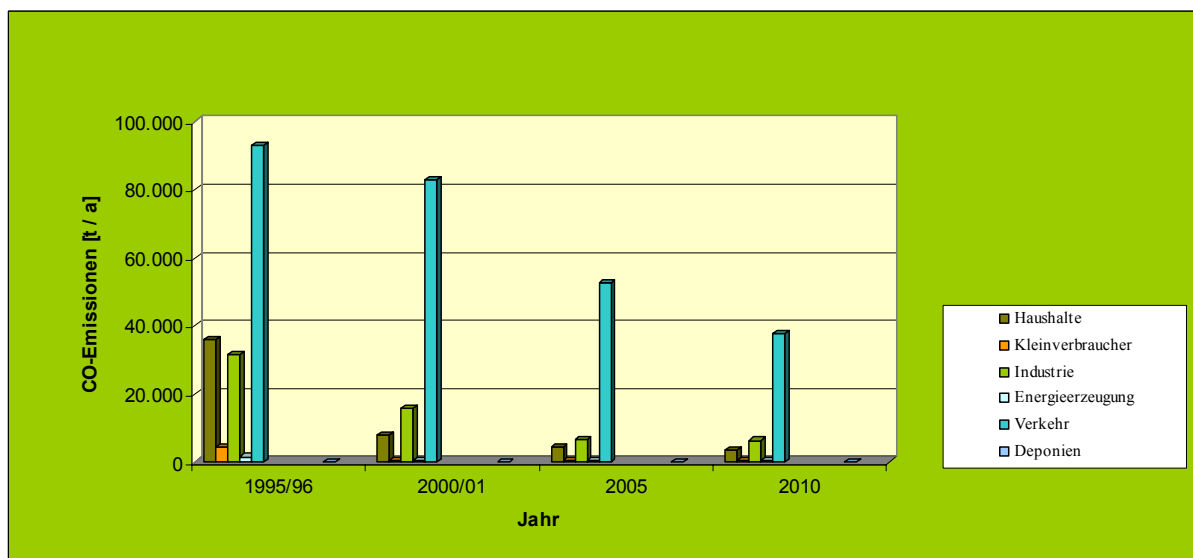


Bild 26.1-5: Entwicklung der CO-Emissionen Thüringens bis 2010

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak-Emissionen erfolgen im Wesentlichen im Nichtenergiebereich (Bild 26.1-6). Etwa zwei Drittel stammen aus der Nutztviehhaltung; das restliche Drittel entfällt etwa zu gleichen Teilen auf die Bodennutzung und die Abwasserreinigung. Die Verringerung des Viehbestandes hat seit 1995/96 zu einer leichten Verminderung der NH₃-Emissionen geführt. Bis 2010 wird aufgrund der unbestimmten Marktentwicklung von einem gleichbleibenden Niveau ausgegangen. Bei den Sektoren Bodennutzung und Abwasserreinigung sind im Betrachtungszeitraum keine wesentlichen Veränderungen zu erwarten.

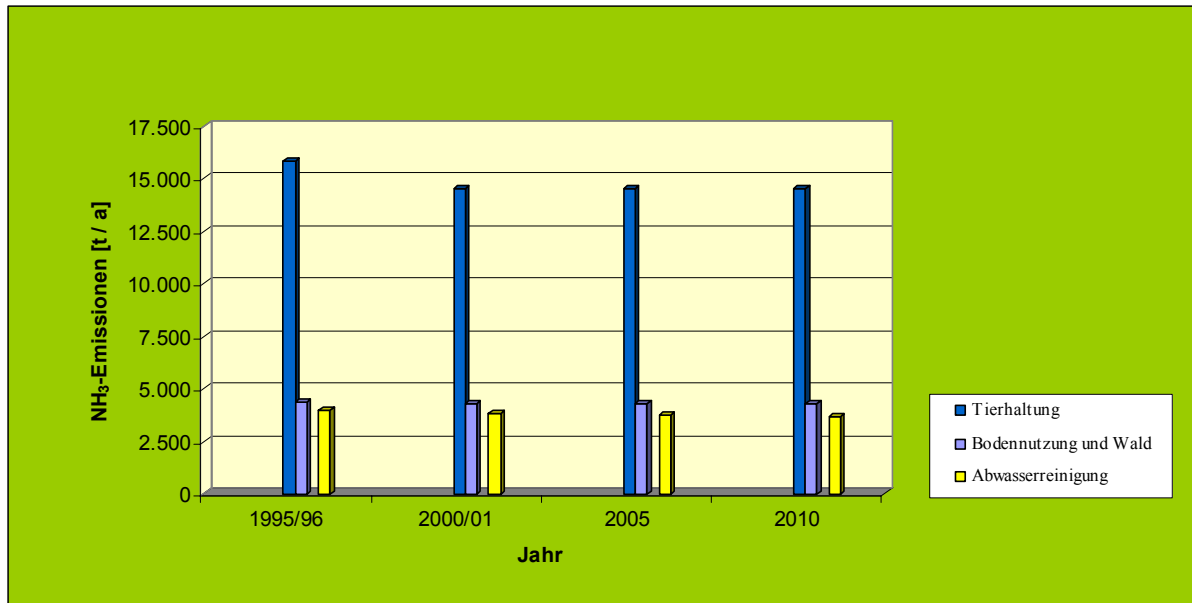


Bild 26.1-6: Entwicklung der NH_3 -Emissionen Thüringens bis 2010

26.2 Entwicklung der CO_2 -Äquivalent-Emissionen

Maßgebend für die Klimawirksamkeit der Treibhausgase insgesamt ist die CO_2 -Äquivalent-Emission, die Summe der mit den GWP-Werten multiplizierten Emissionen der einzelnen Treibhausgase. In den Bildern 26.2-1a und 26.2-1b ist die Entwicklung der CO_2 -Äquivalent-Emission Thüringens dargestellt, wobei unter Einbeziehung der Ergebnisse aus /INS 94/ der Zeitraum 1992/93 bis 2010 betrachtet wird.

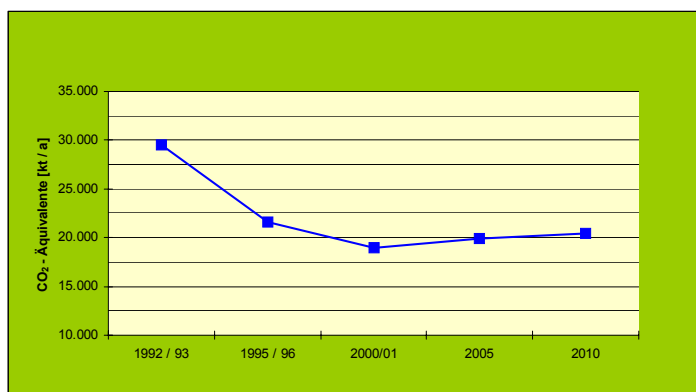


Bild 26.2-1a: Entwicklung der CO_2 -Äquivalentemission Thüringens seit 1992 (ohne CO_2 -Senke Wald, Gutschrift Biotreibstoff und Stromimport)

Die CO₂-Äquivalent-Emissionen ohne Anrechnung des Stromimportes und betrachteter CO₂-Senken sind in Bild 26.2-1a dargestellt. Berücksichtigt man den Stromimport und bezieht die Treibhausgas-Senken in die Bilanz ein, so ergeben sich für die Jahre 2000/01, 2005 und 2010 folgende Gesamt-Emissionen (s. Anhangtabellen A-1 bis A-3):

2000/01	20,78 Mio. t CO ₂ -Äquivalente/a
2005	22,36 Mio. t CO ₂ -Äquivalente/a
2010	23,67 Mio. t CO ₂ -Äquivalente/a

Damit steigen die Treibhausgas-Emissionen ohne zusätzliche Maßnahmen bis zum Jahr 2010 wieder etwas an. Verantwortlich dafür sind die zunehmenden Emissionen im Sektor Verkehr und die Verringerung der CO₂-Senke Holzzuwachs durch die prognostizierte Zunahme der Holznutzung. Welche prozentualen Verminderungen in den einzelnen Sektoren im Zeitraum 1992 bis 2000 erreicht wurden, geht aus Bild 26.2-2 hervor. Der einzige Sektor, in dem keine Verminderung erfolgte, ist der Sektor Verkehr. Insgesamt sanken die Treibhausgas-Emissionen in diesem Zeitraum um 35,6%.

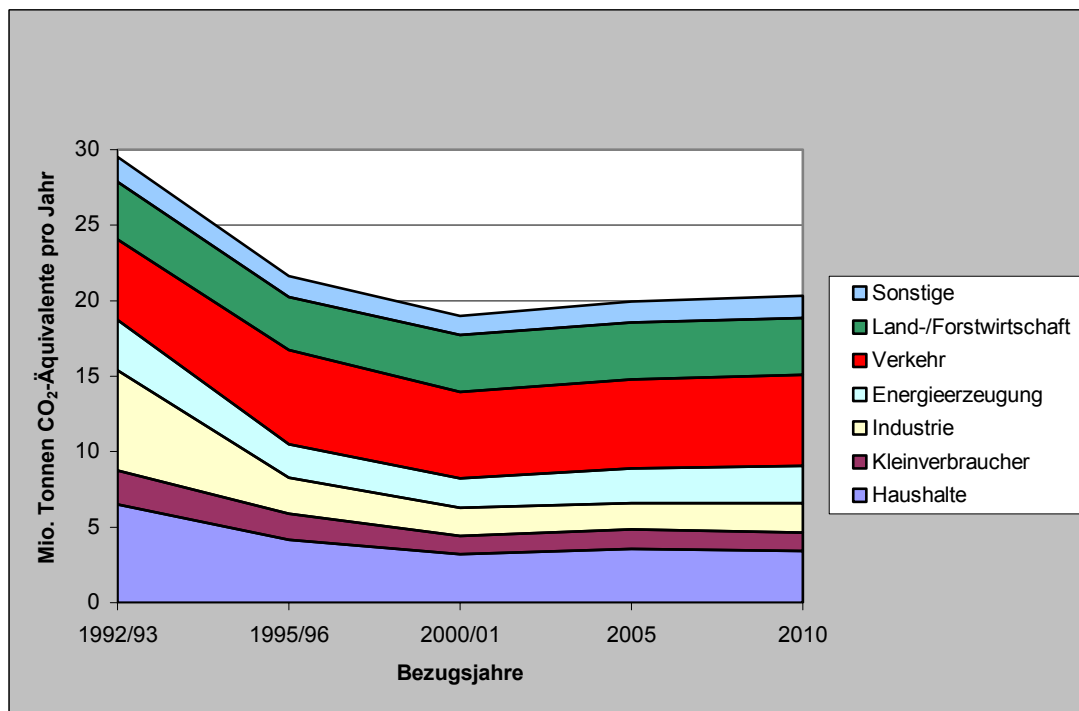


Bild 26.2-1b: Entwicklung der CO₂-Äquivalent-Emissionen Thüringens im Zeitraum von 1992/93 bis 2010

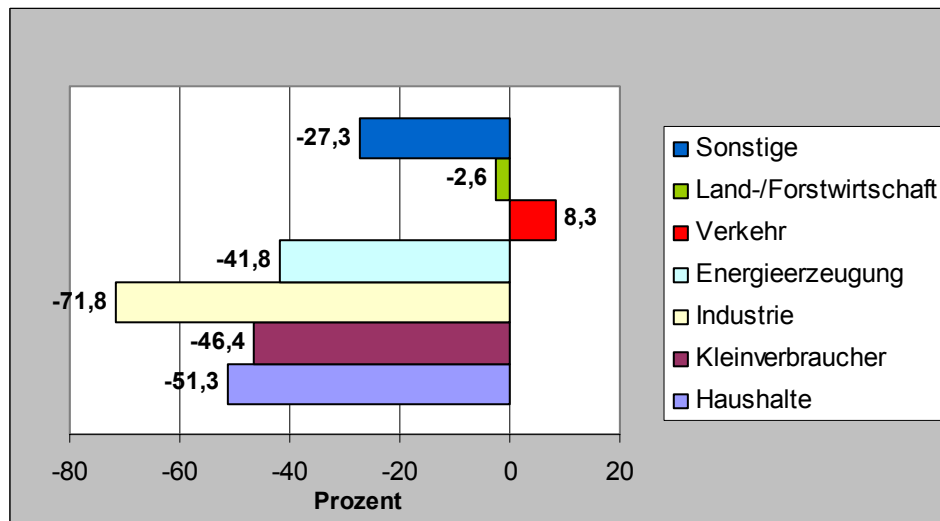


Bild 26.2-2: *Prozentuale Verminderungen der Treibhausgas-Emissionen der Emittentengruppen Thüringens im Zeitraum 1992 bis 2000 (ohne Stromimport und Senken)*

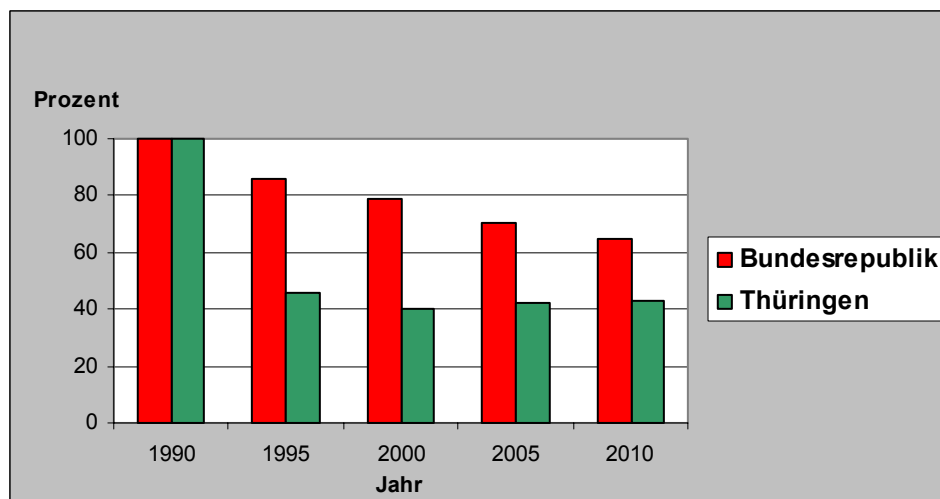


Bild 26.2-3: *Entwicklung der CO₂-Äquivalent-Emissionen bezogen auf das Bezugsjahr 1990; Vergleich Bundesrepublik und Thüringen (ohne Stromimport und Senken)*

Bild 26.2-3 veranschaulicht die relative Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2010 für Thüringen und die Bundesrepublik Deutschland unter Zugrundelegung von Projektionen des Umweltbundesamtes /DRI 02/. Daraus ist ersichtlich, dass sich die Emissionen Thüringens überdurchschnittlich verringert haben, seit 1990 um etwa 60%. Trotz einer leichten Zunahme bis 2010 wird das nationale Ziel von 25% Verminderung bis 2005 weit übertroffen. Es ist jedoch zu bemerken, dass hierzu besonders die Veränderungen in der

Wirtschaft und Gesellschaft nach der politischen Wende in der ersten Hälfte der neunziger Jahre beigetragen haben und nicht durch gezielte Klimaschutzmaßnahmen bewirkt wurden. Da die Umstrukturierungsprozesse im Wesentlichen abgeschlossen sind, werden weitere Emissionsverminderungen nur durch zusätzliche Maßnahmen erreichbar sein.

26.3 Anteile der Emittentengruppen

Die Bilder 26.3-1 und 26.3-2 zeigen, wie sich die Anteile der verschiedenen Sektoren an der Gesamtemission an CO₂-Äquivalenten von 1992/93 bis 2000/01 verändert hat. Während 1992/93 die Industrie (22,5%) und die Haushalte (22,0%) die höchsten Anteile hatten, ist es heute mit Abstand der Sektor Verkehr (30,7%). Wenn man die CO₂-Senken nicht berücksichtigt hat die Land- und Forstwirtschaft mit 19,7% auch einen hohen Anteil. Bilanziert man die CO₂-Senke Wald mit, so sinkt der Anteil der Land- und Forstwirtschaft auf 3,0% (Bild 26.3-3). Durch weitere Maßnahmen und Gutschriften durch Biomassenutzung könnte der Sektor Land- und Forstwirtschaft fast klimaneutral arbeiten. Auf den Sektor Verkehr entfallen bei dieser Betrachtung sogar 36,5% der Treibhausgas-Emissionen.

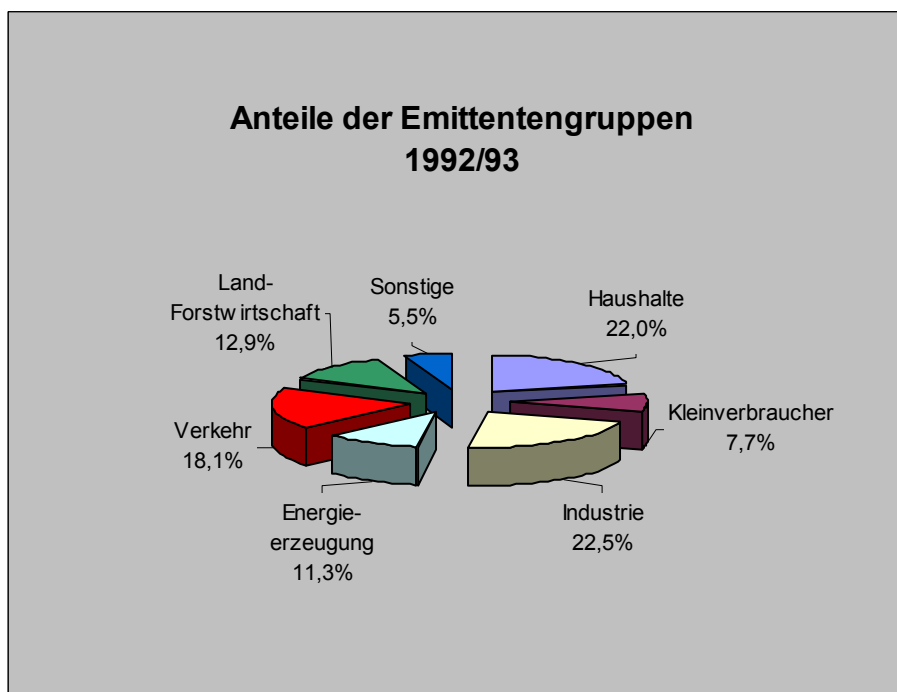


Bild 26.3-1: *Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 1992/93 (ohne Stromimport und CO₂-Senken)*

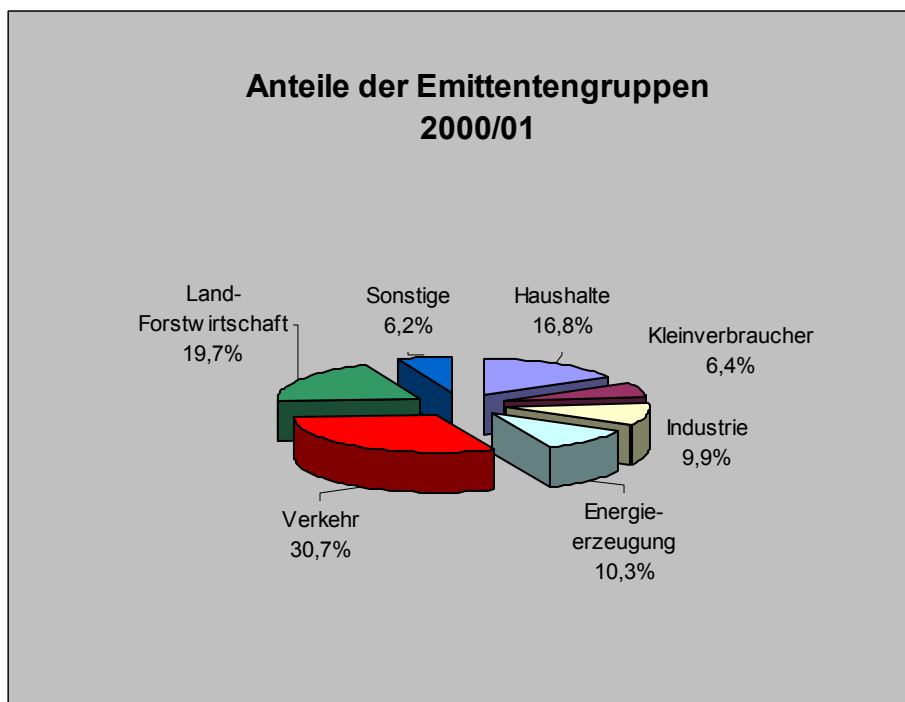


Bild 26.3-2: *Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 2000/01 (ohne Stromimport und CO₂-Senken)*

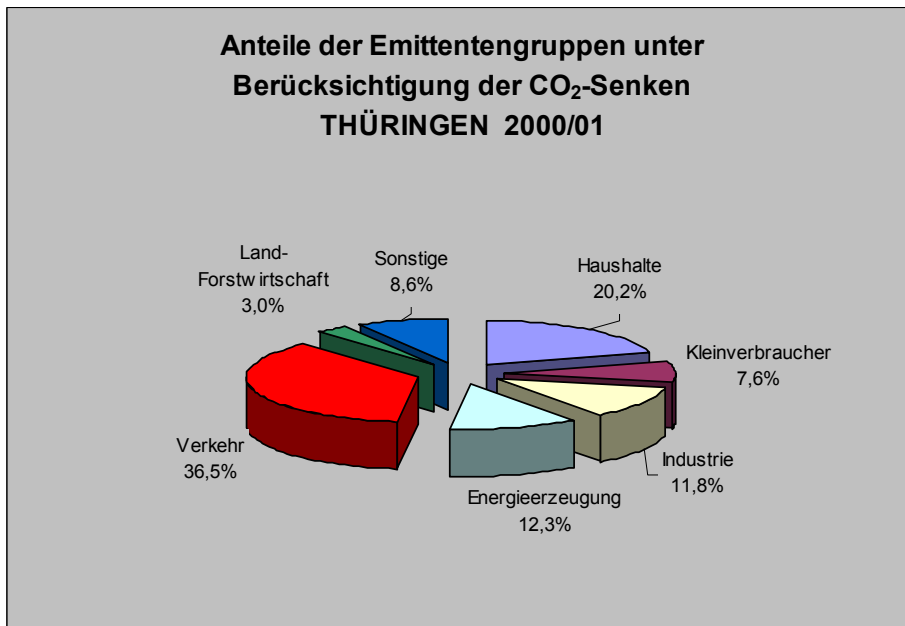


Bild 26.3-3: *Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 2000/01 unter Berücksichtigung der CO₂-Senken der Land- und Forstwirtschaft (ohne Stromimport)*

Bei Emissionsminderungsmaßnahmen können in den Sektoren, deren Anteil an der Gesamtemission am größten ist, die besten Effekte erzielt werden. Der Überblick über die Beiträge der einzelnen Treibhausgase der Emittentengruppen zeigt, dass die CO₂-Emissionen der energieverbrauchenden Sektoren die höchsten Anteile haben (Bild 26.3-4). Lediglich die N₂O- und CH₄-Emissionen der Land- und Forstwirtschaft haben auch bedeutendere Beiträge. Folglich müssen die Handlungsfelder für einen wirksamen Klimaschutz vor allem auf diesen Sektoren liegen.

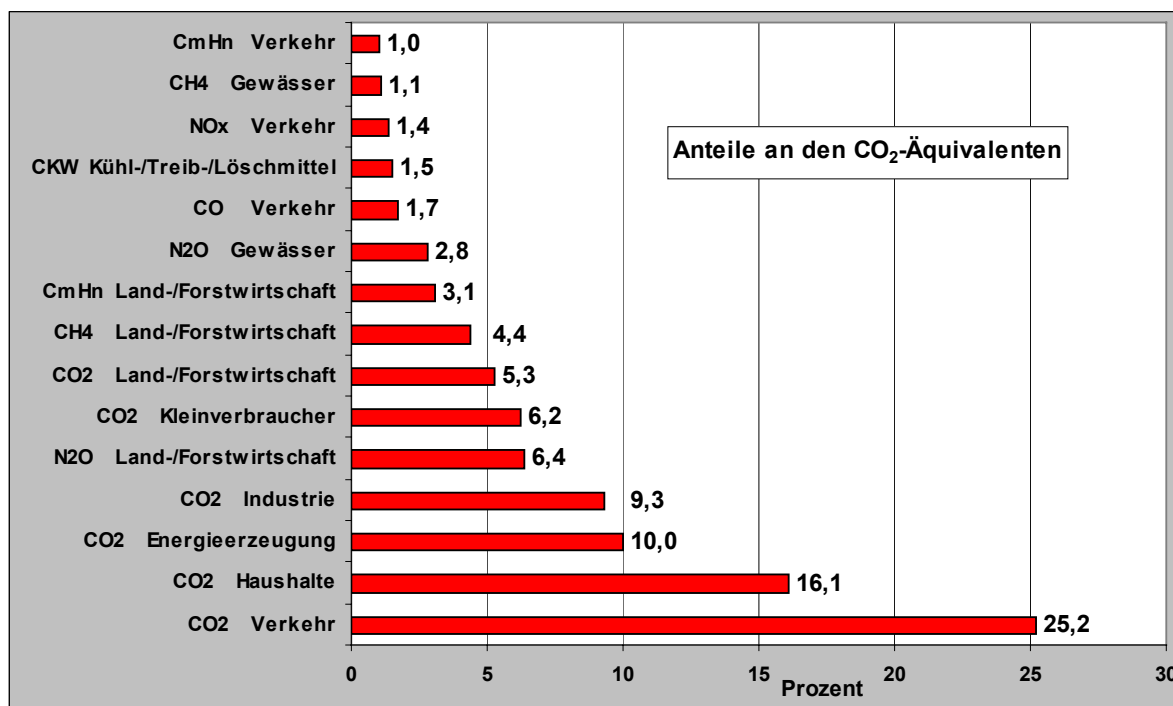


Bild 26.3-4: Prozentuale Anteile der Treibhausgase der einzelnen Emittentengruppen an der Gesamtemission Thüringens 2000/01 (ohne Stromimport)

27 Datenbank MOBET 2000

27.1 Grundlagen

Die Datenbank MOBET 2000 - *Modell zur Berechnung der Treibhausgas-Emissionen in Thüringen* für die Jahre 2005 und 2010 auf der Basis der Werte von 2000/2001 – ist eine unter Microsoft EXCEL 2000 erstellte Mappe für die Berechnung und grafische bzw. tabellarische

Darstellung der auf der Basis von Produktions- und Verbrauchsdaten berechneten Emissionen von Treibhausgasen im Freistaat Thüringen. Sie ist eine Weiterentwicklung der für die Berechnung der Klimagasbilanzen von 1995/96 entwickelten Datenbank. Dies betrifft im wesentlichen das Handling und die Benutzeroberfläche. Die Algorithmen zur Bilanzierung wurden beibehalten, so dass eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Erhebungen 1995/96 und 2000/01 gewährleistet ist. Die Bilanzierung wurde in Übereinstimmung mit der vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verwendeten Nomenklatur durchgeführt.

Die aktuellen Daten beziehen sich auf die Istzustände der Jahre 2000/01 und die Prognosejahre 2005 und 2010. Die Grundlagen für die Definition des Istzustandes 2000/01 und für die Ableitung der Prognosewerte sind in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben. Die dort verwendeten Tabellen mit Eingangs- und Ergebnisgrößen und die Grafiken sind im wesentlichen Bestandteile der Datenbank

27.2 Aufbau der Datenbank


Grundsätze:

- Alle Eingabedaten werden in der Datenbank nur einmal definiert. Weiterverwendung innerhalb der Mappe wird ausnahmslos durch Rückbezüge auf die Quelldaten realisiert (Produktions- und Verbrauchsdaten Energie, Bevölkerungszahlen, landwirtschaftliche Nutzfläche, CO₂-Äquivalente usw.).
- Der Inhalt der Blätter ist im wesentlichen gegen Zugriff geschützt; nur die grün hinterlegten Zellen, die die Inputs enthalten, können überschrieben werden. Dies dient dem Schutz der Algorithmen, die nur autorisiert geändert werden können.
- Die Mappe mit den Originaldaten ist schreibgeschützt. Der Versuch, sie zu überschreiben, misslingt. Stattdessen muss nach Datenänderungen entsprechend dem Excel-Dialog die veränderte Mappe unter neuem Namen abgespeichert werden.

Die Mappe ist unterteilt in Rechenblätter, Grafikblätter und Blätter mit Jahresauswertungen, wobei die Unterteilung der Rechenblätter nach Emittenten und die der Grafikblätter nach spezifischen Treibhausgasen erfolgt. Die Benennung der Blätter ist eindeutig zum Inhalt.

Der Anwender navigiert in der Datenbank nicht wie bei Excel üblich mit Hilfe der Blattregisterkarten, sondern menügesteuert mit Hilfe von Icons. Der Zugriff über Registerkarten ist standardmäßig ausgeschaltet. Bild 27.2-1 zeigt das Eingangsменю von MOBET 2000.

MOBET 2000 - Modell zur Berechnung der Treibhausgas-Emissionen in Thüringen
 für die Jahre 2005 und 2010 auf der Basis der Werte von 2000/2001 Version 1.1


 Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Eingabe:

Äquivalente

Statistik

Energie

Haushalte

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Verarbeitendes Gewerbe

Wärme- und Stromerzeugung

Verkehr

Land- u. Forstwirtschaft

Viehhaltung

Bodennutzung

naturnahe Böden / Wald

Sonstige

Abwässer

Deponien

chlorhaltige KW u.ä.

Gastransport


Gewässer / Grundwasser

Senken / klimaneutrale Emissionen

CO₂-Senken / Gutschriften

Haushaltschemie

Tankstellen


 AACHENER-VERKEHRS-INGENIEUR - SOZETÄT

Auswertung:

CO₂-Äquivalente

CO₂

CH₄

N₂O

NO_x

C_mH_n

CO

NH₃

SO₂

Bilanz 2000/01

Bilanz 2005

Bilanz 2010

Haushalte

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Verarbeitendes Gewerbe

Wärme- und Stromerzeugung

Verkehr

Viehhaltung

Bodennutzung

naturnahe Böden / Wald

Abwässer

Deponien

chlorhaltige KW u.ä.

Gastransport

Gewässer / Grundwasser

CO₂-Senken / Gutschriften

Haushaltschemie

Tankstellen

Ansprechpartner:
 Barbara Fritsche, Tel. (0341) 2434 536
 e-mail: IIE-Bereich_U@t-online.de
 Dr. Peter Ihle, Tel. (0341) 2434 527
 letzte Aktualisierung: 01.07.03

Bild 27.2-1: Eröffnungsменю der Datenbank MOBET 2000

Durch Anklicken der im Druckbild weiß (auf dem Bildschirm grau) hinterlegten Icons werden entsprechend der Beschriftung die zugehörigen Tabellenblätter geöffnet. Die aufgerufenen Blätter sind weitestgehend selbsterklärend.

Das Eingangsменю ist in einen Bereich mit Zugriff auf alle Inputtabellen (obere Hälfte) und einen Bereich mit Zugriff auf die Auswertungstabellen und Grafiken (untere Hälfte) unterteilt. Auch innerhalb der Datenbank kann mittels eingefügter Schaltstellen problemlos zwischen den Inputdaten und den Auswertungstabellen eines Emittenten gewechselt werden.

Den Icons sind folgende Inhalte hinterlegt:

Emittenten

- **Äquivalente**

Das aktivierte Blatt enthält die Werte für die CO₂-Äquivalente der Treibhausgase. Der Wert für "FCKW u.ä." ist im Verhältnis der Anteile H-FKW, FKW, SF₆ und FCKW für 2000/01 und die Prognosejahre 2005 und 2010 gewichtet gemittelt.

Jede Verwendung der Äquivalente ist ein Rückbezug auf dieses Blatt, so dass systematische Änderungen nur hier erfolgen können.

- **Statistik**

Dieses Blatt enthält im Moment nur die Tabelle mit den Einwohnerzahlen.

- **Haushalte**

Dieses Blatt enthält die Inputs und die Emissionsberechnung aus dem Bereich Haushalte für:

- Raumheizung
- Warmwasserbereitung
- Kochen
- Beleuchtung und Sonstiges

Die Grundlagen für die Bewertung des Istzustandes 2000/01 und der Prognose für die Energiebedarfsentwicklung der Haushalte bis zum Jahr 2010 sind in den Kapiteln 4 und 13 enthalten.

Bei der Berechnung der Emissionen durch die Haushalte werden die eingesetzten Energieträger nach

- Art
- Herkunft der festen Brennstoffe

unterteilt. Da der Einsatz fester Brennstoffe in den Haushalten bis 2010 auf weniger als 1% zurückgeht, spielt deren Herkunft eine untergeordnete Rolle, und es wird für die Prognose keine Veränderung bezüglich der Anteile der verschiedenen Kohlesorten vorgenommen.

- **Gewerbe, Handel, Dienstleistungen**

Das aktivierte Blatt "Kleinverbraucher" enthält die Inputs und die Emissionsberech-

nung aus den Bereichen

- Kleinindustrie inklusive Baugewerbe
- Handel / Gastronomie / übrige Dienstleistungen
- öffentliche und kommunale Einrichtungen

Die Voraussetzungen für die Bewertung des Istzustandes und der Prognose sind in den Kapiteln 5 und 14 beschrieben.

Für die Berechnung der Emissionen durch die Kleinverbraucher werden die eingesetzten Energieträger nach

- Art
- Herkunft und Verwendung der festen Brennstoffe

unterteilt. Da der Einsatz fester Brennstoffe im Bereich Kleinverbraucher von 0,4% auf nahezu 0% zurückgeht, ist die Herkunft für die Bewertung der Emissionen zu vernachlässigen.

- **Verarbeitendes Gewerbe**

Das aktivierte Blatt „Industrie“ enthält die Inputs und die Berechnung der Emissionen, die aus dem Endenergieverbrauch der Industrie resultieren. Die Grundlagen für die Bewertung des Istzustandes und der Prognose für den Endenergiebedarf der Industrie enthalten die Kapitel 3 und 12.

Die Emissionskoeffizienten für die Berechnung der THG-Emissionen der Industrie sind abhängig von den folgenden Größen:

- Art des Brennstoffes
- Herkunft der festen Brennstoffe
- Einsatzart

Da auch hier der Einsatz fester Brennstoffe weiter zurückgeht (2010 etwa noch 3%), sind Änderungen in Herkunft und Einsatzart zu vernachlässigen.

- **Wärme- und Stromerzeugung**

Das aktivierte Blatt „Heizwerk“ enthält die Inputs und die Emissionsberechnung aus den Bereichen

- Fernwärmeerzeugung
- Stromerzeugung

Die Voraussetzungen für die Bewertung des Istzustandes und der Prognose sind in den Kapiteln 7 und 16 beschrieben.

Für die Berechnung der Emissionen bei der Erzeugung von Fernwärme und Strom werden die eingesetzten Energieträger nach:

- Art
- Herkunft der festen Brennstoffe und Feuerungsart

unterteilt. Da im Bereich Fernwärme- und Stromerzeugung ab 2000 als fester Brennstoff nur noch Steinkohle zum Einsatz kommt, ist die Herkunft zu vernachlässigen.

- **Verkehr**

Dieses Icon aktiviert ein Unterblatt mit einem Menü, von dem aus das Navigieren durch alle Komponenten des Verkehrsgeschehens erfolgt. Veränderungen der Inputs sind nur sehr beschränkt möglich, da aufgrund der Komplexität dieses Sektors Modifizierungen sehr heikel sind und nur autorisiert erfolgen sollten.

Es werden die Teilbereiche

- Straßenverkehr
- Autobahnverkehr
- Flugverkehr
- Schienenverkehr
- Verkehr summarisch

behandelt und ausgewiesen.

- **Viehhaltung**

Dieses Icon aktiviert das Blatt mit dem Istbestand an Nutztvieh und den Inputs für die Trendwerte des darauf basierenden Zuwachses für den Prognosezeitraum sowie die Emissionstabellen und Emissionsfaktoren für CH₄ (unterschieden nach Fermentation und Exkrementen), CO₂ (für Großvieheinheiten) und NH₃.

- **Bodennutzung**

Es wird das Blatt mit den Inputs für Nutzlandflächen für den Istzustand 2000/01 und den Prognosezeitraum, die Emissionstabellen und die aktuellen Emissionsfaktoren für N₂O, NH₃, CO₂ und C_mH_n aktiviert

- **naturnahe Böden, Wald**

Dieses Icon aktiviert das Blatt mit den Eingaben für die Waldflächen, den Emissions-

faktoren für N_2O , NH_3 , CO_2 und C_mH_n und die Emissionstabellen. Die CO_2 -Senke Wald wird an anderer Stelle behandelt.

- **Abwässer**

Das aktivierte Blatt "Abwässer" enthält die Eingabe der Abwassermengen und die Berechnung der Treibhausgasemissionen bei der Abwasserreinigung. Die Grundlagen dafür sind im Kapitel 21 dargestellt. Außerdem werden die deponierten Mengen Klärschlamm und die NH_3 -Emission durch den Menschen in diesem Blatt bilanziert.

- **Deponien**

Im Blatt "Deponien" werden die Treibhausgas-Emissionen aus Abfalldeponien und Kompostierungsanlagen berechnet. Die Berechnungs- und Datengrundlagen sind im Kapitel 22 beschrieben.

Die Emissionsfaktoren für die CO_2 -, CO - und CH_4 -Produktion sind zeitabhängig (vom Alter des Mülls) und abhängig vom Abbauprozess (Faulung oder Rotte; Icon „Depo_Emis“).

Für die Bilanzierung der Emissionen werden wie in den vorangegangenen Bilanzierungen die Hausmüllmengen ab 1950 betrachtet, wobei nach geordneter und ungeordneter Deponierung unterschieden wird. Dem schnelleren Abklingen der Emission beim Rotteprozess, der nach 4 Monaten infolge Belüftung beendet ist, wird durch die zeitabhängigen Produktionsfaktoren Rechnung getragen.

Aus der THG-Produktion durch Deponierung und Kompostierung erfolgt die Berechnung der durch Fackel, Gasbrunnen und Biogasnutzung bedingten Umwandlung von CH_4 und CO in CO_2 und der daraus resultierenden emittierten CO_2 -Menge.

- **chlorhaltige KW u.ä.**

Es wird das Blatt mit den Inputs und Auswertungen entsprechend den im Kapitel 24 beschriebenen Modalitäten aktiviert.

Anhand der GWP-Werte für H-FKW, FKW, SF_6 und FCKW und deren Emissionsmengen wird ein gewichtetes Mittel für die Berechnung des CO_2 -Äquivalentes der gesamten Stoffgruppe gebildet. Dieser ist für die Prognosezeiträume wegen des unterschiedlichen Aufkommens der Komponenten verschieden.

- **Haushaltchemie**

Es wird das Blatt mit den Inputs und Auswertungen zu den im Haushalt verwendeten Chemikalien aktiviert (Lacke, Kosmetika, Putz- und Spülmittel). Die Verbrauchsmengen sind dem Bundesdurchschnitt entsprechend hochgerechnet.

- **Gastransport**

Das aktivierte Blatt "Gastransport" enthält die aus dem Energiebedarf der Haushalte, des Gewerbes, Handels, der Industrie und der Wärme- und Stromerzeugung ermittelten zu transportierenden Gasmengen und die daraus resultierenden CH₄-Emissionen infolge Umschlags- und Transportverlusten. Die Berechnungs- und Datengrundlagen sind im Kapitel 23 beschrieben.

- **Gewässer, Grundwässer**

Das aktivierte Blatt "Gewässer" enthält die Eingabewerte zu Gewässern, Feuchtegebieten, Grundwasserleitern und gefördertem Grundwasser Thüringens und deren CH₄- und N₂O-Emissionen. Die Grundlagen für die Berechnung der Emissionen werden im Kapitel 20 behandelt.

- **Tankstellen**

Das aktivierte Blatt "Tankstellen" enthält als Ausgangsgröße die aus dem Verkehrsaufkommen resultierende Menge Vergaser- und Dieselmotorkraftstoff. Dazu bestehen Verknüpfungen mit den Tabellen des Sektors Verkehr. Die Emissionen bei der Treibstoffabgabe werden in Abhängigkeit davon berechnet.

- **CO₂-Senken / Gutschriften**

Das aktivierte Blatt enthält Senken als Bilanzgröße und Gutschriften als Informationsgröße.

Als einzige CO₂-Senke wird der Wald bilanziert. Er ist andererseits als Emittent bei der Berechnung der Emissionen voll berücksichtigt. Die Berechnungs- und Datengrundlagen sind im Kapitel 19.4.1 genau beschrieben. Im Gegensatz dazu wurde Weide- und Futterland hinsichtlich zusätzlicher CO₂-Aufnahme als neutral betrachtet, da im Gegenzug die CO₂-Emission durch Stoffwechselprozesse (über Grünfutter) dazu führten, dass der Kreislauf ohne Netto-Emission abläuft.

Als Gutschrift für die Landwirtschaft wird die CO₂-Emissionsminderung durch den

Einsatz von Biodiesel berechnet..

Treibhausgase

Die folgenden Grafikblätter haben alle denselben prinzipiellen Aufbau; sie enthalten entsprechend ihrer Bezeichnung die Bilanzen der Treibhausgase in tabellarischer und grafischer Form. Sie gestatten bei Veränderung von Szenarien einen schnellen Überblick über die Ergebnisse hinsichtlich einzelner Treibhausgase. Es gibt die folgenden Blätter:

- CO₂-Äquivalente,
- CO₂,
- CH₄,
- N₂O,
- C_mH_n,
- CO,
- FCKW,
- NO_x,
- NH₃,
- SO₂ (nicht als Treibhausgas bilanziert!).

Jahresbilanzen

Die Blätter „Bilanz 2000/01“, „Bilanz 2005“ und „Bilanz 2010“ enthalten in tabellarischer Form die Jahresbilanz über alle Treibhausgase. Eine übersichtliche grafische Darstellung ist wegen der Größenunterschiede der Emissionswerte schwer zu bewerkstelligen.

27.3 Datenbank – Installation und Handling

Die Installation der Datenbank erfolgt durch einfaches Kopieren in ein Verzeichnis. Beim Öffnen der Mappe erscheint auf dem Bildschirm die in Bild 27.1-1 dargestellte Oberfläche. Die Navigation erfolgt wie im Kapitel 27.2 beschrieben mittels Icons.

Die Originaldatenbank ist schreibgeschützt, Datenbankvarianten müssen unter neuem Namen abgespeichert werden.

Die Tabellen und Grafiken sind so gestaltet, dass sie problemlos ohne aufwendige Änderungen am Layout in Word-Dokumente o.ä. übernommen werden können. Das Anlegen von neuen Grafiken oder Tabellen für weitergehende Auswertungen muss wegen des Schreibschutzes temporär in neu angelegten Blättern oder dauerhaft in einer neuen Arbeitsmappe erfolgen. Der Rückbezug auf die MOBET-Daten ist dabei in üblicher Weise möglich.

28 Literatur

- /ABF 02/ Abfallbilanz Thüringen 2000
- /AVI 01/ Weiterentwicklung des landesweiten Emissionskatasters für den Flugverkehr Nordrhein-Westfalen und Aktualisierung auf das Jahr 2000, im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen, Aachen 2001
- /BMV 01/ Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung, BVU/ifo/ITP/PLANCO, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, München/Freiburg/Essen, April 2001
- /BUW 96/ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, Bern 1996
- /DÄM 96/ Dämmgen, U.; Rosagik, J.: Einfluß der Land- und Forstbewirtschaftung auf Luft und Klima in: Mohr, H. (Hrsg.): Voraussetzung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Springer-Verlag, Berlin 1996
- /DEG 94a/ Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 13, A82/A140 Göttingen - Halle, Berlin, September 1994
- /DEG 94b/ Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 16, A81 Erfurt – Schweinfurt, A73 Suhl-Lichtenfels, Berlin, Oktober 1994
- /DRI 02/ Dritter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen, Juli 2002
- /ENQ 90/ Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre", Schutz der Erdatmosphäre - eine internationale Herausforderung, Bonn 1990
- /FTH 97/ Freistaat Thüringen Homepage <http://www.thüringen.de>, 1997
- /HB 00/ Landesemissionskataster Straßenverkehr Thüringen, Heusch/Boesefeldt GmbH, im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Aachen, Mai 2000
- /HB 97/ Trendprognose 1995/2015 für Bundesfernstraßen, Heusch/Boesefeldt GmbH, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Aachen, Dezember 1997
- /HES 96/ Hessische Landesanstalt für Umwelt: Emissionskataster Hessen - Landesweite Abschätzung der Emissionen aus biogenen und nicht gefassten Quellen, Wiesbaden 1996
- /INF 99/ Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2, Januar 1999, INFRAS, Bern
- /INS 02/ Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Zwischenbericht zum Vorhaben „Fortschreibung der emissionsseitigen Grundlagen der Thüringer Klimaschutzkonzeption“, Leipzig, November 2002
- /INS 94/ Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Studie zur Emissionssituation treibhausrelevanter Gase und Minderungspotenziale im Land Thüringen, Leipzig 1994
- /INS 98/ Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Erarbeitung von Grundlagen für ein Klimaschutzkonzept des Freistaates Thüringen, Abschlußbericht, Leipzig, 1998
- /KÄS 89/ Käser, H.J.K.; Greulich, U.: Distickstoffoxid N_2O in Feuerungsabgasen und DENOX-Anlagen, Konferenz-Einzelbericht: VGB-Konferenz "Chemie im Kraftwerk 1989", Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber (VGB), Essen, 1989
- /RÖV 91/ Röver, N.: Kleingärten auf Altdeponien - wie stark sind sie durch Deponiegase gefährdet? Müll und Abfall Nr. 10, 1991
- /SBA 00/ Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr 2000, Wiesbaden, August 2001

- /SBA 95/ Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Fachserie 8, Reihe 6, Luftverkehr 1995, Wiesbaden, August 1996
- /SVS 00/ Straßenverkehrszählung 2000
- /THÜ 00/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Klimaschutz in Thüringen - Analysen, Potenziale, Handlungsfelder; November 2000
- /THÜ 02/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Mitteilung, Dezember 2002
- /THÜ 02a/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Mitteilung, November 2002
- /THÜ 95/ Thüringer Landesamt für Statistik: Energiebilanz Thüringens 1995, Statistischer Bericht, Bestell-Nr. 05402
- /TLL 03/ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: Mitteilung vom 20.01.2003
- /TLS 01/ Verkehrsprognose Thüringen 2015, Professor Kurzak, im Auftrag des Thüringer Landesamt für Straßenwesen, München, März 2001
- /TLS 99/ Ergebnisse automatischer Dauerzählungen auf Bundesautobahnen, Jahresbericht 1999, Hrsg. Thüringer Landesamt für Straßenwesen
- /TLU 01/ Landesemissionskataster Thüringen, Luftschadstoffe und Treibhausgas-Emissionen, Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Jena, März 2001
- /TLU 02/ persönliche Mitteilung Frau Räthe, TLU Jena, 10. 1. 2003
- /TLU 02a/ Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Mitteilung Dezember 2002
- /TML 95/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Luftreinhalteplan Erfurt 1995
- /TML 98/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt: Mitteilung 11/1997
- /UMW 92/ Umweltpolitik - Klimaschutz in Deutschland, Nationalbericht der Bundesregierung für die Bundesrepublik Deutschland im Vorgriff auf Artikel 12 des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Eine Information des Bundesumweltministeriums, 1992
- /UMW 93/ Umweltbundesamt (1993): Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland, Berichte 9/93, Berlin: Erich Schmidt Verlag
- /UMW 94/ Umweltpolitik - Klimaschutz in Deutschland, Erster Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Eine Information des Bundesumweltministeriums, 1994
- /UMW 97/ Umweltpolitik - Klimaschutz in Deutschland, Zweiter Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Eine Information des Bundesumweltministeriums, 1997
- /VDI 02/ VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7, Umweltmeteorologie, Kfz- Emissionsbestimmung, Entwurf, Stand Juli 2002

29 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Treibhausgase und ihr Global Warming Potenzial /UMW 97/ (Treibhausgase des Kyotoprotokolls von 1997 rot hervorgehoben).....	7
Tabelle 1-2:	Minderungen bzw. Begrenzungen der Treibhausgas-Emissionen der EU-Länder im Zeitraum 1990 bis 2008/12 entsprechend dem Kyoto-Protokoll von 1997.....	7
Tabelle 3-1:	Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe im Freistaat Thüringen im Jahre 2000	13
Tabelle 3-2:	Entwicklung des Endenergieverbrauches von 1991 bis 2000 im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen	14
Tabelle 3-3:	Entwicklung der Bruttowertschöpfung von 1991 bis 2001; Preisbasis: 1995, Angaben in Mio. €	15
Tabelle 3-3a:	Anteile Thüringens bei der BWS , in %.....	16
Tabelle 3-3b:	Zuwachsraten von BWS gesamt und BWS des VGew, in %/a.....	16
Tabelle 3-4:	Entwicklung der Energieintensität der Bruttowertschöpfung des Verarbeitenden Gewerbes	17
Tabelle 3-5:	Endenergieverbrauch im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen für 2001	19
Tabelle 4.1-1:	Bestand an energieverbrauchswirksamen WE im Freistaat Thüringen.....	22
Tabelle 4.1-2:	Heizungsstruktur des Bestandes energieverbrauchswirksamer WE, Angaben in 10 ³ WE.....	23
Tabelle 4.2-1:	Spezifische Kenngrößen des Raumheizungsbedarfes, Angaben in GJ/WE.....	24
Tabelle 4.2-2:	Endenergieverbrauch für die Raumheizung (temperaturbereinigter Verbrauch), Angaben in TJ	26
Tabelle 4.2-3:	Endenergieverbrauch für die Raumheizung (Ist- Verbrauch), Angaben in TJ.....	27
Tabelle 4.4-1:	Endenergieverbrauch (temperaturbereinigt) im Sektor private Haushalte Thüringens, Angaben in TJ	30
Tabelle 4.4-1a:	Struktur des Endenergieverbrauches im Sektor private Haushalte Thüringens	30
Tabelle 4.4-2:	Endenergieverbrauch (Ist-Verbrauch) im Sektor private Haushalte Thüringens, Angaben in TJ	31
Tabelle 5-1:	Endenergieverbrauch im Sektor GHD in Thüringen im Jahre 2000	33
Tabelle 5-2:	Endenergieverbrauch im Sektor GHD in Thüringen im Jahre 2001	34
Tabelle 6-1:	Endenergieverbrauch in Thüringen im Jahre 2000 (Endenergieverbrauch insgesamt, ohne Verkehr)	36
Tabelle 6-2:	Endenergieverbrauch in Thüringen im Jahre 2001 (Endenergieverbrauch insgesamt, ohne Verkehr)	37
Tabelle 7.1-1:	Erzeugung und Verbrauch von Fernwärme in Thüringen im Jahr 2000, Angaben in TJ.....	38
Tabelle 7.2-1:	Struktur des Stromverbrauches in Thüringen im Jahre 2000	39
Tabelle 7.2-2:	Deckung des Stromverbrauches in Thüringen im Jahre 2000.....	39
Tabelle 7.2-3:	Brennstoffeinsatz in Wärmekraftwerken Thüringens im Jahre 2000.....	40
Tabelle 7.3-1:	Energieverbrauch für die Energieumwandlung in Thüringen im Jahre 2000	40
Tabelle 8-1:	Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten des Verarbeitenden Gewerbes Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96	41

Tabelle 9-1:	Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten der Haushalte Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96	42
Tabelle 10-1:	Endenergiebedarf und THG-Emissionsraten des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen Thüringens für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96.....	43
Tabelle 11-1:	Energiebedarf und THG-Emissionsraten durch Wärme- und Stromerzeugung in Thüringen für das Jahr 2000 im Vergleich zu 1995/96.....	44
Tabelle 12-1:	Energieintensitäten im Verarbeitenden Gewerbe im Jahre 2000 (Übersicht)	46
Tabelle 12-2:	Ansätze zur Entwicklung der Energieintensität im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens in Abhängigkeit von der Wirtschaftlichkeitsentwicklung.....	47
Tabelle 12-3:	Entwicklung der Endenergie im Verarbeitenden Gewerbe Thüringens.....	47
Tabelle 12-4:	Endenergiebedarf im Sektor Verarbeitendes Gewerbe in Thüringen, in TJ.....	48
Tabelle 13.1-1:	Entwicklung der Einwohnerzahl Thüringens 1995 bis 2010	49
Tabelle 13.1-2:	Altersstruktur der Bevölkerung Thüringens, Angaben in %.....	50
Tabelle 13.1-3:	Durchschnittliche Belegung einer WE in Thüringen, in Einwohner je WE.....	50
Tabelle 13.1-4:	Entwicklung des Bestandes an energieverbrauchswirksamen WE in Thüringen, Angaben in 10 ³ WE.....	51
Tabelle 13.2.1-1:	Struktur des Wohnungsbestandes in Thüringen nach Heizungssystemen, Angaben in 10 ³ WE	53
Tabelle 13.2.1-2:	Durchschnittliche Wohnfläche je WE, Angaben in m ² /WE.....	53
Tabelle 13.2.1-3:	Spezifische Kenngrößen für den Raumheizbedarf, Angaben in kWh/(m ² *a).....	54
Tabelle 13.2.1-4:	Endenergiebedarf für die Raumheizung in Thüringen, Angaben in TJ.....	54
Tabelle 13.2.2-1:	Ausstattungsdaten der WE mit Bad/Dusche in Thüringen, Angaben in % des WE-Bestandes.....	55
Tabelle 13.2.2-2:	Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung, Angaben in TJ.....	56
Tabelle 13.2.3-1:	Endenergiebedarf für die Nahrungszubereitung, Angaben in TJ	57
Tabelle 13.2.4-1:	Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte in Thüringen, Angaben in TJ.....	58
Tabelle 13.2.4-2:	Struktur des Endenergiebedarf im Sektor private Haushalte, Angaben in %.....	59
Tabelle 13.2.4-3:	Entwicklung im Bestand energieverbrauchswirksamer WE in Thüringen	59
Tabelle 14-1:	Endenergiebedarf im Sektor GHD in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in TJ.....	64
Tabelle 14-2:	Struktur des Endenergiebedarfes im Sektor GHD in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in %.....	64
Tabelle 15-1:	Einschätzungen zur Entwicklung des Endenergiebedarfes in Thüringen (ohne Sektor Verkehr), Angaben in TJ.....	65
Tabelle 15-1a:	Endenergiebedarf bei pessimistischer Wirtschaftsentwicklung, Angaben in TJ.....	66
Tabelle 15-2:	Gesamtbetrachtung zur Entwicklung des Endenergiebedarfes (ohne Verkehr) im Zeitraum 2000 bis 2010	66
Tabelle 16.1-1:	Erzeugung und Verwendung von Fernwärme in Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in TJ	68
Tabelle 16.2-1:	Struktur der Stromerzeugung in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in GWh	69
Tabelle 16.2-2:	Energieträgereinsatz für die Stromerzeugung in Thüringen im Zeitraum bis 2010, Angaben in TJ	69

Tabelle 16.2-3:	Strombedarf und Strombereitstellung in Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in GWh	70
Tabelle 16.3-1:	Energieträgereinsatz für die Energieumwandlung im Freistaat Thüringen im Zeitraum 2000 bis 2010, Angaben in TJ	70
Tabelle 17.1-1:	Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Thüringen (Stand 1.1. 2001).....	71
Tabelle 17.1-2:	Mittlere DTV-Werte in Kfz/24h sowie Jahresfahrleistungen in Mio. Fzkm des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000	73
Tabelle 17.1-3:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, differenziert nach Straßenklassen, Bezugsjahr 2000	76
Tabelle 17.1-4:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, differenziert nach Fahrzeugarten, Bezugsjahr 2000	77
Tabelle 17.1-5:	Entwicklung von Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen zwischen 1995 und 2000	77
Tabelle 17.1-6:	NMVO-Verdunstungsemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000 und Veränderung zu 1995	78
Tabelle 17.2-1:	Flugbewegungen des Flughafens Erfurt und der sonstigen Flugplätze in Thüringen, Starts in 2000 /SBA 00/	79
Tabelle 17.2-2:	Vergleich der Flugbewegungen des Flughafens Erfurt und der sonstigen Flugplätze in Thüringen 1995 und 2000, Starts /SBA 00, SBA 95/	80
Tabelle 17.2-3:	Emissionsfaktoren in kg/Start und kg/Landung mit Propeller-Flugzeugen, Turboprops, Jets und Helikoptern für den Flughafen Erfurt, Bezugsjahr 2000	81
Tabelle 17.2-4:	Schadstoffemissionen des Flugbetriebes in Thüringen (bodennaher Flugverkehr), Bezugsjahr 2000	82
Tabelle 17.2-5:	Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und der Emissionen des Flugbetriebs (bodennaher Flugverkehr) in Thüringen zwischen 1995 und 2000.....	82
Tabelle 17.2-6:	Gesamtemissionen und Kraftstoffverbrauch des Flugverkehrs (bodennaher Flugverkehr(LTO) und Cruising) in Thüringen, Bezugsjahr 2000	83
Tabelle 17.2-7:	Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und der Gesamtemissionen des Flugverkehrs (bodennaher Flugverkehr(LTO) und Cruising) in Thüringen zwischen 1995 und 2000.....	84
Tabelle 17.2-8:	Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch der dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebwagen in Thüringen, Bezugsjahr 2000, und Vergleich mit 1995	84
Tabelle 17.2-9:	Emissionsfaktoren für dieselbetriebene Lokomotiven und Triebwagen	86
Tabelle 17.2-10:	Schadstoffemissionen von dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebwagen 2000 in Thüringen.....	86
Tabelle 17.2-11:	Vergleich der Schadstoffemissionen von Diesellokomotiven 1995 und 2000 in Thüringen ..	87
Tabelle 17.3-1:	Gesamtemissionen und Kraftstoffverbrauch im Verkehrssektor in Thüringen und verkehrsträgerspezifische Anteile, Bezugsjahr 2000	87
Tabelle 17.3-2:	Entwicklung der Gesamtemissionen und des Kraftstoffverbrauchs zwischen 1995 und 2000 im Verkehrssektor in Thüringen	87
Tabelle 18.1-1:	Angenommene netzwirksame Längen der BAB-Neubaumaßnahmen in Thüringen für 2005 und 2010	89
Tabelle 18.1-2:	Entwicklungsfaktoren für den Personen- und Güterverkehr in Thüringen bezogen auf 2000	90

Tabelle 18.1-3:	Annahmen für die Entwicklung der kraftstoffbezogenen Kenngrößen.....	92
Tabelle 18.1-4:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2005, differenziert nach Straßenklassen ..	93
Tabelle 18.1-5:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2005, differenziert nach Fahrzeugarten ..	94
Tabelle 18.1-6:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2010, differenziert nach Straßenklassen ..	94
Tabelle 18.1-7:	Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch in 2010, differenziert nach Fahrzeugarten ..	95
Tabelle 18.1-8:	Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen.....	98
Tabelle 18.1-9:	NMVO-Verdunstungsemissionen 2005 und 2010 in Thüringen.....	98
Tabelle 18.1-10:	Entwicklung der Verdunstungsemissionen des Straßenverkehrs in Thüringen	99
Tabelle 18.2-1:	Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des gesamten Flugverkehrs (Cruising und LTO) für 2005 und 2010 in Thüringen	100
Tabelle 18.2-2:	Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des gesamten Flugverkehrs (Cruising und LTO) in Thüringen.....	100
Tabelle 18.2-3:	Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs 2005 und 2010 in Thüringen.....	102
Tabelle 18.2-4:	Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs in Thüringen.....	102
Tabelle 18.3-1:	Gesamtsummen und verkehrsträgerspezifische Beiträge zum Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffemissionen für Thüringen in 2005.....	103
Tabelle 18.3-2:	Gesamtsummen und verkehrsträgerspezifische Beiträge zum Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffemissionen für Thüringen in 2010.....	103
Tabelle 19.1-1:	Nutzviehbestand Thüringens 2001 /THÜ 02/	106
Tabelle 19.1-2:	Spezifische stoffwechselbedingte CH ₄ -Emissionen von Nutztieren in kg/a /Tier.....	106
Tabelle 19.1-3:	CH ₄ -Bildungspotenzial der Nutztier-Exkreme in kg/a /Tier /UMW 93/	106
Tabelle 19.1-4:	CH ₄ -Emissionen durch Nutztierhaltung im Jahr 2001	107
Tabelle 19.1-5:	Spezifische NH ₃ -Emissionen aus der Nutztierhaltung in kg NH ₃ /a/Tier.....	108
Tabelle 19.1-6:	NH ₃ -Emission aus der Nutztierhaltung im Jahr 2001 und im Prognosezeitraum, in t NH ₃ /a.....	109
Tabelle 19.1-7:	THG-Emissionen in der Viehwirtschaft.....	109
Tabelle 19.2-1:	Größe der landwirtschaftlichen Nutzflächen Thüringens /THÜ 02/	110
Tabelle 19.2-2:	Spezifische Treibhausgas-Emissionen für landwirtschaftliche Nutzflächen	111
Tabelle 19.2-3:	Treibhausgas-Emissionen durch die landwirtschaftlichen Nutzflächen Thüringens.....	111
Tabelle 19.2-4:	Spezifische Emissionen Wald /INS 98/	111
Tabelle 19.2-5:	Treibhausgas-Emissionen aus naturnahen Böden/Wald	112
Tabelle 19.3-1:	Entwicklung der Gesamt-Treibhausgas-Emissionen der Forst- und Landwirtschaft Thüringens	112
Tabelle 19.4-1:	Daten zur Ermittlung des effektiven Holzzuwachses /THÜ 02a/	113
Tabelle 19.4-2:	Jährliche CO ₂ -Einbindung des Waldes in Thüringen.....	113

Tabelle 19.4-3:	Treibhausgas-Gutschrift der Land- und Forstwirtschaft Thüringens für den Anbau von Non-Food-Raps	114
Tabelle 19.5-1:	Gesamt-Treibhausgas-Bilanz der Land- und Forstwirtschaft Thüringens	114
Tabelle 20-1:	Treibhausgas-Emissionen aus Thüringer Gewässern.....	115
Tabelle 20-2:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen aus Thüringer Gewässern	116
Tabelle 21-1:	Spezifische Emissionsfaktoren der Abwasserreinigung /EMI 93, MÖL 89/	117
Tabelle 21-2:	Abwasser- und Klärschlammengen in Thüringen /TLU 02a/	117
Tabelle 21-3:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen der Abwasserreinigung Thüringens	117
Tabelle 22-1:	Anfall fester Siedlungsabfälle in Thüringen /ABF 02/	118
Tabelle 22-2:	Entwicklung der Treibhausgas-Emission durch Abfalldeponien in Thüringen	119
Tabelle 23-1:	Transportierte Gasmengen in Thüringen	120
Tabelle 23-2:	Treibhausgas-Emissionen durch Gastransport in Thüringen	120
Tabelle 24-1:	Einsatzgebiete von FKW, H-FKW, SF ₆ und ihre Anteile /DRI 02/	121
Tabelle 24-2:	Emissionen von FKW, H-FKW und SF ₆ in der Bundesrepublik Deutschland und in Thüringen.....	122
Tabelle 24-3:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen durch Kühl-, Treib- und Löschmittel in Thüringen im Zeitraum 1995 bis 2010.....	122
Tabelle 25-1:	Entwicklung des Kraftstoffverbrauches und der Emission von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen durch Umschlags- und Betankungsvorgänge in Thüringen.....	123
Tabelle A-1:	Bilanzen der CO ₂ -Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2000/01....	A-II
Tabelle A-2:	Bilanzen der CO ₂ -Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2005.....	A-III
Tabelle A-3:	Bilanzen der CO ₂ -Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2010.....	A-IV

30 Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1:	Vergleich der energiebedingten CO ₂ -Emissionen pro Kopf für das Jahr 1999 (Quellen: OECD / 2IE gGmbH) (Thüringen ohne Stromimport)	9
Bild 1-2:	Hauptemittentengruppen für Treibhausgase	10
Bild 17.1-1:	Verteilung der Geschwindigkeiten für Pkw und Lkw auf Bundesautobahnen in Thüringen, Bezugsjahr 1999 /TLS 1999/.....	75
Bild 17.1-2:	Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs in Thüringen, Bezugsjahr 2000	76
Bild 18.1-1:	Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch in 2005	93
Bild 18.1-2:	Anteile der Straßenklassen an den Schadstoffemissionen und am Kraftstoffverbrauch in 2010	95
Bild 18.1-3:	Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2005 gegenüber 2000, differenziert nach Straßenklassen	96

Bild 18.1-4:	Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2005 gegenüber 2000, differenziert nach Fahrzeugarten	96
Bild 18.1-5:	Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2010 gegenüber 2000, differenziert nach Straßenklassen	97
Bild 18.1-6:	Veränderungsraten der Schadstoffemissionen und des Kraftstoffverbrauchs 2010 gegenüber 2000, differenziert nach Fahrzeugarten	97
Bild 18.3-1:	Veränderungsraten 2005 bzw. 2010 für den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen in Thüringen bezogen auf 2000	104
Bild 18.3-2:	Veränderungsraten 2005 bzw. 2010 für den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemissionen in Thüringen bezogen auf 1995	105
Bild 26.1-1:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen Thüringens bis 2010 (ohne Stromimport)	124
Bild 26.1-2:	Entwicklung der CH ₄ -Emissionen Thüringens bis 2010	125
Bild 26.1-3:	Entwicklung der N ₂ O-Emissionen Thüringens bis 2010	125
Bild 26.1-4:	Entwicklung der C _m H _n -Emissionen Thüringens bis 2010	126
Bild 26.1-5:	Entwicklung der CO-Emissionen Thüringens bis 2010	127
Bild 26.1-6:	Entwicklung der NH ₃ -Emissionen Thüringens bis 2010	128
Bild 26.2-1a:	Entwicklung der CO ₂ -Äquivalentemission Thüringens seit 1992 (ohne CO ₂ -Senke Wald, Gutschrift Biotreibstoff und Stromimport)	128
Bild 26.2-1b:	Entwicklung der CO ₂ -Äquivalent-Emissionen Thüringens im Zeitraum von 1992/93 bis 2010	129
Bild 26.2-2:	Prozentuale Verminderungen der Treibhausgas-Emissionen der Emittenten Thüringens im Zeitraum 1992 bis 2000 (ohne Stromimport und Senken)	130
Bild 26.2-3:	Entwicklung der CO ₂ -Äquivalent-Emissionen bezogen auf das Bezugsjahr 1990; Vergleich Bundesrepublik und Thüringen (ohne Stromimport und Senken)	130
Bild 26.3-1:	Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 1992/93 (ohne Stromimport und CO ₂ -Senken)	131
Bild 26.3-2:	Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 2000/01 (ohne Stromimport und CO ₂ -Senken)	132
Bild 26.3-3:	Anteile der Emittentengruppen an den Treibhausgas-Emissionen Thüringens 2000/01 unter Berücksichtigung der CO ₂ -Senken der Land- und Forstwirtschaft (ohne Stromimport)	132
Bild 26.3-4:	Prozentuale Anteile der Treibhausgase der einzelnen Emittentengruppen an der Gesamtemission Thüringens 2000/01 (ohne Stromimport)	133
Bild 27.2-1:	Eröffnungsmenü der Datenbank MOBET 2000	135

Abkürzungen

AD	Autobahndreieck
AG	Aktiengesellschaft
AK	Autobahnkreuz
AVISO	Aachener-Verkehrs-Ingenieur-Sozietät
BAB	Bundesautobahn
BB	Braunkohlenbrikett
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
BIP	Bruttoinlandprodukt
BK	Braunkohle
Br.St	Brennstoff
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BWS	Bruttowertschöpfung
DB/AG	Deutsche Bahn AG
DK	Diesel-Kraftstoff
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr in Fz/24h
EEG	Erneuerbare-Energie-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EHZ	Etagenheizung
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner
EZFH	Ein-/Zwei-Familienhaus
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
FHW	Fernheizwerk
FKW	Fluor-Kohlenwasserstoffe
FW	Fernwärme
Fzkm	Fahrzeug-Kilometer
gGmbH	gemeinnützige GmbH
GHD	Gewerbe / Handel / Dienstleistungen
Gkat	Geregelter Katalysator
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GT	Gasturbine
GTKW	Gasturbinen-Kraftwerk
GuD	Gas- und Dampf-Kraftwerk
GV	Güterverkehr
GVE	Großvieheinheit
GWP	Global Warming Potential
HDK	Hermisdorfer Kreuz
H-FKW	wasserstoffhaltige Fluor-Kohlenwasserstoffe
HH	Haushalte
HKW	Heizkraftwerk
HVS	Hauptverkehrsstraße
HW	Heiß-/Warmabstellen

IE	Institut für Energetik und Umwelt gGmbH
IKW	Industriekraftwerk
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
JfL	Jahresfahrleistung
KBA	Kraftfahrzeug-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KLV	Kombinierter Ladungsverkehr
Krad	Krafttrad
KV	Kraftstoffverbrauch
KW	Kraftwerk
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LF	Landwirtschaftliche Fläche
LGr	Landesgrenze
LKW	Lastkraftwagen
Infz	Leichte Nutzfahrzeuge
LTO	Landing/Take off
LWK	Laufwasserkraftwerk
MFH	Mehrfamilienhaus
Mio.	Million
mKr	mittlerer Kraftstoffverbrauch
Mrd.	Milliarde
MTOW	Maximum Take Off Weight (maximale Startgewichtsklasse)
NE	nicht elektrisch
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
OD	Ortsdurchfahrt
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OGD	Organische Gase und Dämpfe (Summe Methan und NMVOC)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
oTR	organische Trockensubstanz
ÖV	Öffentliches Verkehrsmittel
Pkw	Personenkraftwagen
PSW	Pumpspeicherwerk
PV	Photo-Voltaic
PV	Personenverkehr
RBK	Rohbraunkohle
RME	Rapsmethylester
SK	Steinkohle
sNfz	schwere Nutzfahrzeuge
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StPV	Straßenpersonenverkehr
SVZ	Straßenverkehrszählung
TA	Tankatmung
THG	Treibhausgas
TLS	Thüringer Landesamt für Straßenbau
TLU	Thüringer Landesanstalt für Umwelt

TLUG	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
TMWAI	Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Infrastruktur
TÜV	Technischer Überwachungsverein
UBA	Umweltbundesamt
VGew	Verarbeitendes Gewerbe
VK	Vergaser-Kraftstoff
VOC	Volatile Organic Compounds (Flüchtige organische Verbindungen)
WE	Wohnungseinheit

Chemische Symbole

C	Kohlenstoff
C ₂ F ₆	Hexafluorethan
C ₂ H ₃ F ₃	Trifluorethan
C ₂ H ₄ F ₂	Difluorethan
C ₂ HF ₅	Pentafluorethan
C ₃ HF ₇	Heptafluorpropan
CF ₂ HCl	Monochlor-Difluormethan
CF ₄	Tetrafluormethan
CH ₂ F ₂	Difluormethan
CH ₂ FCF ₃	1, 2, 2, 2 – Tetrafluorethan
CH ₄	Methan
CHF ₃	Trifluormethan
C _m H _n	Kohlenwasserstoffe
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
HNO ₃	Salpetersäure
N	Stickstoff
N ₂ O	Distickstoffoxid
NH ₃	Ammoniak
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxid
O ₂	Sauerstoff
O ₃	Ozon
S	Schwefel
SF ₆	Schwefelhexafluorid
SO ₂	Schwefeldioxid

Maßeinheiten

a	Jahr
d	Tag
DM	Deutsche Mark
€	Euro
Efm	Ernte-Festmeter
g	Gramm
GJ	Gigajoule (10^9 Joule)
Gt	Gigatonne (10^9 Tonnen)
GVE	Großvieheinheit
GWh	Gigawattstunde (10^9 Wattstunden)
h	Stunde
ha	Hektar
K	Kelvin
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kt	Kilotonne (10^3 Tonnen)
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
m	Meter
m ²	Quadratmeter
mg	Milligramm
MJ	Megajoule (10^6 Joule)
Mt	Megatonne (10^6 Tonnen)
MW	Megawatt (10^6 Watt)
MWh	Megawattstunde (10^6 Wattstunden)
Nm ³	Normkubikmeter
PJ	Petajoule (10^{15} Joule)
t	Tonne
TH	Thüringen
TJ	Terajoule (10^{12} Joule)
TWh	Terawattstunde (10^{12} Wattstunden)
Vfm	Vorrats-Festmeter
W	Watt
°C	Grad Celsius

Anhang: ***Bilanzen der CO₂-Äquivalentemissionen Thüringens für den Zeitraum 2000
bis 2010***



A-II

Tabelle A-1: Bilanzen der CO₂-Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2000/01

<i>Bereich</i>	<i>Dimension</i>	<i>CO₂</i>	<i>CH₄</i>	<i>N₂O</i>	<i>C_mH_n</i>	<i>CO</i>	<i>CKW u.ä.</i>	<i>NO_x</i>	<i>NH₃</i>	<i>SO₂*</i>	<i>CO₂-Äqu.</i>
Energiebedingte Emissionen											
Haushalte	t/a	3.084.502	241	93	1.904	7.917		1.896		2.635	3.201.232
Kleinverbraucher	t/a	1.180.003	33	44	122	425		1.038		705	1.210.347
Industrie	t/a	1.775.438	14	37	85	15.660		1.818		3.023	1.872.845
Energieerzeugung	t/a	1.912.270	26	30	81	386		1.454		691	1.942.375
Verkehr	t/a	4.820.498	620	513	10.486	83.007		22.706		647	5.754.289
Nichtenergiebedingte Emissionen											
Tankstellen	t/a				2.214						33.217
Landwirtschaft											
Tierhaltung	t/a	350.695	40.071						14.502		1.279.194
Bodennutzung und Wald	t/a	660.577		3.927	39.008				4.252		2.488.581
Sonstige Treibhausgasemissionen											
Gewässer	t/a		9.640	1.759							747.630
Abwasserreinigung**	t/a	(13625,5)	265	16					3.841		33.507
Deponien**	t/a	(98159,9)	1.883			28					39.658
Leckverluste Gasleitungen	t/a		2.075								43.583
Kühl-, Treib- und Löschmittel	t/a						113				280.414
Haushaltschemie	t/a				5.271						79.064
Emission Gesamt	t/a	13.783.982	54.868	6.418	59.172	107.423	113	28.913	22.596	7.701	19.005.937
CO ₂ -Senke Wald	t/a	-3.527.268									-3.527.268
Stromimport***	t/a	4.911.354									5.302.657
Gesamtbilanz	t/a	15.168.068	54.868	6.418	59.172	107.423	113	28.913	22.596	7.701	20.781.327
Gutschrift Biodiesel	t/a	155.448	-20	-16	-343	-2.668		-709			125.819

*SO₂ nicht mitbilanziert für CO₂-Äquivalente

** CO₂-Emission klimaneutral, nicht mitbilanziert

*** Emissionsfaktoren nur für CO₂ und CO₂-Äquivalente verfügbar

Tabelle A-2: Bilanzen der CO₂-Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2005

Bereich	Dimension	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	C _m H _n	CO	CKW u.ä.	NO _x	NH ₃	SO ₂ *	CO ₂ -Äqu.
Energiebedingte Emissionen											
Haushalte	t/a	3.479.135	206	99	1.139	4.523		2.063		1.620	3.574.232
Kleinverbraucher	t/a	1.264.312	35	47	125	431		1.105		731	1.296.612
Industrie	t/a	1.651.180	15	30	87	6.694		1.811		2.142	1.710.540
Energieerzeugung	t/a	2.256.506	40	50	121	505		1.622		904	2.296.213
Verkehr	t/a	5.301.880	317	418	4.867	52.775		17.487		173	5.932.007
Nichtenergiebedingte Emissionen											
Tankstellen	t/a				2.436						36.533
Landwirtschaft											
Tierhaltung	t/a	350.695	40.071						14.502		1.279.194
Bodennutzung und Wald	t/a	660.652		3.928	38.963				4.254		2.488.234
Sonstige Treibhausgasemissionen											
Gewässer	t/a		9.640	1.759							747.630
Abwasserreinigung**	t/a	(13247,7)	257	15					3.735		32.577
Deponien**	t/a	(93857,2)	1.852			28					38.994
Leckverluste Gasleitungen	t/a		2.350								49.347
Kühl-, Treib- und Löschmittel	t/a					349					384.407
Haushaltschemie	t/a				5.125						76.871
Emission Gesamt	t/a	14.964.359	54.783	6.347	52.861	64.956	349	24.088	22.491		19.943.391
CO ₂ -Senke Wald	t/a	-3.145.267									-3.145.267
Stromimport***	t/a	5.153.929									5.564.559
Gesamtbilanz	t/a	16.973.022	54.783	6.347	52.861	64.956	349	24.088	22.491		22.362.684
Gutschrift Biodiesel	t/a	172.974	-23	-18	-381	-2.969		-789			140.004

*SO₂ nicht mitbilanziert für CO₂-Äquivalente

*** Emissionsfaktoren nur für CO₂ und CO₂-Äquivalente verfügbar

** CO₂-Emission klimaneutral, nicht mitbilanziert



Tabelle A-3: Bilanzen der CO₂-Äquivalentemissionen Thüringens für den Bezugszeitraum 2010

Bereich	Dimension	CO₂	CH₄	N₂O	C_mH_n	CO	CKW u.ä.	NO_x	NH₃	SO₂*	CO₂-Äqu.
Energiebedingte Emissionen											
Haushalte	t/a	3.340.831	188	93	926	3.632		1.978		1.331	3.425.810
Kleinverbraucher	t/a	1.201.518	33	45	114	386		1.043		669	1.232.056
Industrie	t/a	1.865.250	16	25	87	6.332		2.080		1.474	1.925.036
Energieerzeugung	t/a	2.419.990	48	61	143	568		1.703		1.066	2.464.868
Verkehr	t/a	5.653.922	244	341	3.528	37.897		12.437		42	6.118.393
Nichtenergiebedingte Emissionen											
Tankstellen	t/a				2.597						38.959
Landwirtschaft											
Tierhaltung	t/a	350.695	40.071						14.502		1.279.194
Bodennutzung und Wald	t/a	660.801		3.929	38.953				4.257		2.488.759
Sonstige Treibhausgasemissionen											
Gewässer	t/a		9.640	1.759							747.630
Abwasserreinigung**	t/a	(12941,5)	248	15					3.652		31.773
Deponien**	t/a	(83879,4)	1.683			25					35.446
Leckverluste Gasleitungen	t/a		2.462								51.709
Kühl-, Treib- und Löschmittel	t/a						451				483.100
Haushaltchemie	t/a				5.011						75.170
Emission Gesamt	t/a	15.493.008	54.633	6.269	51.361	48.840	451	19.240	22.411		20.397.904
CO ₂ -Senke Wald	t/a	-2.483.158									-2.483.158
Stromimport***	t/a	5.336.088									5.761.232
Gesamtbilanz	t/a	18.345.938	54.633	6.269	51.361	48.840	451	19.240	22.411		23.675.977
Gutschrift Biodiesel	t/a	190.500	-25	-19	-420	-3.270		-869			154.190

*** Emissionsfaktoren nur für CO₂ und CO₂-Äquivalente verfügbar

*SO₂ nicht mitbilanziert für CO₂-Äquivalente

** CO₂-Emission klimaneutral, nicht mitbilanziert

